

GRAPTOLITOS DEL TREMADOCIENSE (ORDOVÍCIO INFERIOR) DE LA FORMACIÓN VOLCANCITO, SISTEMA DE FAMATINA (LA RIOJA, ARGENTINA)

Juan Carlos GUTIÉRREZ-MARCO¹ y Susana B. ESTEBAN²

¹ Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Facultad de Ciencias Geológicas, 28040 Madrid, España, y Academia Nacional de Ciencias, Av. Vélez Sarsfield 229, Casilla de Correo 36, 5000 Córdoba, Argentina. c/e: jcgrapto@geo.ucm.es

² Instituto Superior de Correlación Geológica (CONICET-Universidad Nacional de Tucumán), Facultad de Ciencias Naturales e IML, Miguel Lillo 205, 4000 Tucumán, Argentina. c/e: susana_esteban@yahoo.com.ar

Gutiérrez-Marco, J.C. & Esteban, S. B. 2005. Graptolitos del Tremadociense (Ordovícico Inferior) de la Formación Volcancito, Sistema de Famatina (La Rioja, Argentina). [Tremadocian (Lower Ordovician) graptolites from the Volcancito Formation, Famatina System (La Rioja, Argentina).] *Revista Española de Paleontología*, **20** (1), 65-118. ISSN 0213-6937.

ABSTRACT

Tremadocian graptolites from the Famatina System (NW Argentina) occurred mainly in the black shales that characterized the Peña Negra Member of the Volcancito Formation. Bed-by-bed collecting of graptolites through the 400 m thick sequence of the Peña Negra and Volcancito river sections, resulted in a complete taxonomic and biostratigraphic reappraisal of the abundant graptolite record, which is merited by recent review and correlation of the Tremadocian chronozones and global graptolite assemblages. The two sections are not exactly time equivalent as there were considered largely until the present study, reaching younger beds in Volcancito river. The oldest Ordovician graptolites occur in the upper part of the Filo Azul Member of the Volcancito Formation, with an assemblage probably representative of the Early Tremadocian *Rhabdinopora flabelliformis parabola* chronozone, placed slightly above the Cambrian-Ordovician boundary as indicated by trilobite and conodont distributions. Graptolite assemblages from the lower part of the Peña Negra Member of the Volcancito Formation are correlated with the *Anisograptus matanensis* and *R. f. anglica* graptolite chronozones of the upper Lower Tremadocian. Above the respective biozones, the remaining upper two thirds of the formation probably correlate with the lowest Upper Tremadocian ?*Adelograptus* Zone, in absence of batipelagic assemblages of delicate adelograptids or the epipelagic warm-water genus *Psigraptus*. This data agrees with the occurrence of Upper Tremadocian conodonts and graptolites, namely the *Paltodus deltifer* conodont biozone and the graptolitic "Assemblage 4", in the overlying Bordo Atravesado Formation. The black graptolite shales of the Volcancito Formation were deposited under anoxic conditions in an outer shelf to basin plain along the margins of western Gondwana, before the origination and emersion of the Famatinian Volcanic Arch. The anoxic conditions probably developed under a restricted upwelling area with high productivity that was a favourable habitat for some endemic holopelagic and mesopelagic rhabdinoporinids. From a paleontological point of view, the identified and described forms are *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis*, *R. f. anglica*, *R. f. socialis*, *R. f. ?bryograptoides*, *R. cf. enigma*, *Anisograptus matanensis* and ?*Bryograptus* sp. The bad characterized form *Rhabdinopora flabelliformis famatinensis* is here restricted to the holotype. Two new taxa, *Rhabdinopora turneri* sp. nov. and *R. flabelliformis acenolazai* subsp. nov., are respectively reminiscent of *R. praeparabola* and *R. f. parabola*, both global elements of the earliest Tremadocian graptolite "Assemblage 1". However the record of the new Famatinian forms, besides different average morphology and measurements, is rather younger and clearly postdate the appearance of rhabdosomes with triradiate development, being distributed in the *A. matanensis* and *R. f. anglica* zones. Together with the planktic graptolites, some transported remains of rooted (benthic) dendroids are recorded from some levels and described as *Dendrograptus* sp., *Dictyonema* sp. nov. 1, *Aspidograptus cuerda* sp. nov., ?*Pseudocallograptus* sp. and ?*Airograptus guillermoi* sp. nov.. The first occurrence of a remarkable benthic graptolite (?*Dictyonema* sp. cf. *D. cordillerensis*) in the Tremadocian Bordo Atravesado Formation is also reported.

Key words: Graptolites, Anisograptidae, Dendrograptidae, biostratigraphy, Ordovician, Tremadocian, Famatina, Argentina.

RESUMEN

El Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito (Tremadociense) del Sistema de Famatina (noroeste argentino) consta de pizarras negras graptolíticas, que se investigaron paleontológicamente, capa a capa, a lo largo de 400 m de sucesión en las secciones complementarias de Peña Negra y río Volcancito, la segunda de las cuales incluye los niveles más modernos. Los resultados bioestratigráficos permiten una correlación precisa con las asociaciones evolutivas y cronozonas globales de graptolitos del Tremadociense, y la reevaluación de todas las dataciones e identificaciones previas de la unidad. Los graptolitos más antiguos se localizan en el Miembro Filo Azul de la formación (Cámbrico Superior-Tremadociense) y se adscriben muy probablemente a la cronozona de *Rhabdinopora flabelliformis parabola* de la base del Ordovícico, lo que concuerda con los datos suministrados por los trilobites y conodontos. Las asociaciones graptolíticas de la parte baja del Miembro Peña Negra pertenecen a las cronozonas de *Anisograptus matanensis* and *R. f. anglica*, indicativas del Tremadociense superior tardío. Los dos tercios restantes del Miembro Peña Negra se correlacionan probablemente con el Tremadociense superior temprano (cronozona de *Adelograptus?*), en ausencia de asociaciones batipelágicas típicas con adelograptidos delicados, o formas epipelágicas de aguas cálidas como *Psigraptus*. Esta posible atribución se apoya también en el registro de conodontos y graptolitos del Tremadociense superior en la Formación Bordo Atravesado suprayacente. Las pizarras negras graptolíticas de la Formación Volcancito se depositaron en fondos anóxicos profundos (de plataforma externa a planicie cuencal) en el margen de Gondwana occidental, previamente al nacimiento y emersión del Arco Volcánico Famatinense. El desarrollo de condiciones anóxicas tuvo que ver con la aparición de un área de afloramiento oceánica con elevada productividad orgánica, que constituyó el hábitat favorable para los rhabdinoporínidos holo- y mesopelágicos, donde se desarrollaron algunas formas endémicas. Desde el punto de vista paleontológico, se identifican y describen *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis*, *R. f. anglica*, *R. f. socialis*, *R. f. bryograptoides?*, *R. cf. enigma*, *Anisograptus matanensis* y *Bryograptus?* sp. La forma *Rhabdinopora flabelliformis famatinensis* se propone restringirla al holotipo para obviar su mala caracterización taxonómica. Las nuevas formas *Rhabdinopora turneri* sp. nov. y *R. flabelliformis acenolazai* subsp. nov., guardan ciertas similitudes con los graptolitos planctónicos primitivos *R. praeparabola* y *R. flabelliformis parabola*, respectivamente. Sin embargo, los nuevos taxones del Famatina coexisten en horizontes más modernos de las cronozonas de *A. matanensis* y *R. f. anglica*, que claramente postdatan la aparición del desarrollo proximal trirradiado. Además de las formas planctónicas, se describen algunos restos transportados de graptolitos bentónicos como *Dendrograptus* sp., *Dictyonema* sp. nov. 1, *Aspidograptus cuerdaei* sp. nov., *Pseudocallograptus?* sp. y *Airograptus?* guillermoi sp. nov.. Otro graptolito bentónico notable, *Dictyonema?* sp. cf. *D. cordillerensis*, se cita por vez primera en la Formación Bordo Atravesado del Tremadociense superior.

Palabras clave: Graptolitos, Anisograptidae, Dendrograptidae, biostratigrafía, Ordovícico, Tremadociense, Famatina, Argentina.

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Famatina (provincias de Catamarca y La Rioja, Argentina) comprende importantes afloramientos fosilíferos del Cámbrico Superior y Ordovícico Inferior, conocidos desde el siglo XIX (Stelzner, 1872). Las unidades del Tremadociense y Arenigiense están formadas principalmente por pizarras negras, en las que se localizan niveles ricos en graptolitos, que han sido descritos en las localidades de Cuchilla Negra (Formación Portezuelo de las Minutas: Lavandaio, 1971, 1973; Aceñolaza & Gutiérrez-Marco, 2000), río La Alumbra (Formación La Alumbra: Aceñolaza *et al.*, 1976; Toro, 1997) y Peña Negra-río Volcancito (Formación Volcancito: Turner, 1960; Aceñolaza & Durand, 1984; Esteban & Gutiérrez-Marco, 1997; Tortello & Esteban, 1999), ubicadas en ambos flancos del Sistema de Famatina (Fig. 1).

En este trabajo se estudian los graptolitos del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, en parte descritos

por Turner (1960) y Aceñolaza & Durand (1984), presentándose un análisis bioestratigráfico y una taxonomía actualizada a la luz de la moderna revisión de los graptolitos del Tremadociense hecha por Cooper *et al.* (1998), Wang *et al.* (1998) y Cooper (1999).

El término Tremadociense se utiliza aquí como Piso/Edad, en el sentido global aprobado oficialmente (Gradstein *et al.*, 2003; Gradstein & Ogg, 2004; Ogg, 2004; IUGS, 2004), que adapta el nombre de la serie Tremadoc de la escala regional británica (Fortey *et al.*, 1995, con referencias previas). El Tremadociense constituye la división más antigua de la Serie / Época Ordovícico Inferior, adoptada formalmente con rango global (Webby, 1998; IUGS, 2004) y cuyo estratotipo de límite está situado en Terranova (Canadá), en vez de en las áreas topotípicas del Tremadoc británico (Cooper *et al.*, 2001). Dentro del Tremadociense, los niveles estudiados corresponderían a la “porción de tiempo” 1a tardía y 1b temprana (*Time Slices* de Webby *et al.*, 2004).

MARCO GEOLÓGICO

Los depósitos ordovícicos de la Cuenca del Famatina comprenden sedimentos epiclásticos (Cámbrico Superior alto-Tremadociense) y volcanoclásticos (Arenigiense/Darriwiliense) expuestos en distintas localidades de las provincias de Catamarca y La Rioja, en el Noroeste de Argentina (Fig. 1a y 1b). Estos sedimentos, que se acumularon en una cuenca relacionada esencialmente con un arco volcánico existente para esta época en el oeste de Gondwana (Aceñolaza & Toselli, 1988; Mángano & Buatois, 1996; Mannheim, 1993; Aceñolaza *et al.*, 1996; Astini, 1999), han sido reunidos bajo la denominación de Grupo Cachiuyo (Aceñolaza & Toselli, 1981). La Formación Volcancito constituye la unidad basal del mismo, y alcanza un espesor aproximado de 590 m. Desde el punto de vista litoestratigráfico, la Formación Volcancito comprende dos miembros (Turner, 1964), modernamente asignados al Cámbrico Superior-Tremadociense temprano (Miembro Filo Azul) y al Tremadociense temprano (Miembro Peña Negra), respectivamente. La formalización de ambos miembros se debe a Albanesi *et al.* (2005). Esteban (1999a) había propuesto un tercer miembro terminal para la Formación Volcancito, el cual fue erigido recientemente como una formación independiente (Formación Bordo Atravesado: Esteban, 2002, 2003, con prioridad sobre la homónima de Astini, 2003).

La asociación de graptolitos estudiada en este trabajo, proviene del Miembro Peña Negra de la formación, aflorante en dos localidades del flanco oriental de la sierra de Famatina que distan 4 km entre sí: río Volcancito y Peña Negra (Fig. 1c). Ambos lugares se circunscriben a un área definida por los paralelos de 28° 51' y 28° 53' de latitud sur y los meridianos de 67° 45' y 67° 46' de longitud oeste.

Desde el punto de vista estratigráfico, los dos afloramientos se caracterizan por la presencia casi exclusiva de lutitas negras a gris oscuras, finamente laminadas y con marcada fisilidad, que sobreyacen a calcilitas y margas oscuras con delgadas intercalaciones de calcarenitas, lumacelas calcáreas y raras megabrechas tabulares, asignadas al Miembro Filo Azul de la Formación Volcancito (Fig. 3). En este último se registran variadas asociaciones de trilobites, braquiópodos y conodontos, que han permitido situar el límite Cámbrico-Ordovícico dentro del Miembro Filo Azul de la formación (Tortello & Esteban, 1997, 1998, 1999; Tortello, 2003; Albanesi *et al.*, 1999). Otros fósiles frecuentes son ciertas "algas" calcáreas, restos de pelmatozoos y, en menor medida, algunos ostrácodos, gasterópodos y poríferos por el momento indeterminados (Astini *et al.*, 2000; Astini, 2001a y b).

En la sección de río Volcancito (Figs. 1c, 2a y 2b), el Miembro Peña Negra de la formación homónima alcanza un espesor aproximado de 180 m. En la parte inferior se han observado abundantes horizontes con graptolitos, en los que se concentran y superponen numerosas colonias,

algunas de ellas de gran tamaño. No obstante, el denso diaclasamiento que presentan estas rocas dificulta mucho la obtención de radosomas en buenas condiciones de estudio.

Por su parte en la sección de Peña Negra (Figs. 1c, 2c y 3), el espesor alcanzado es de 260 m y se han localizado numerosos niveles con graptolitos, así como con algunos restos de filocáridos y de esponjas hexactinélidas (*Protospongia* spp.: Esteban & Rigby, 1998), y es de donde proviene la mayor parte del material paleontológico aquí descrito.

Finalmente, la Formación Volcancito da paso a más de 160 m de limolitas arcillosas masivas con intercalaciones de areniscas, antes consideradas como un tercer miembro de dicha formación, pero actualmente integradas en la nueva Formación Bordo Atravesado (Esteban, 2002, 2003). Su registro fósil comprende esencialmente trilobites (Esteban, 1992, 1996b, 1999b; Tortello & Esteban, 1995, 2003b; Tortello *et al.*, 2002) y filocáridos (Aceñolaza & Esteban, 1996) del Tremadociense superior, a los que hay que añadir raros conodontos y graptolitos (Albanesi *et al.*, 2000b, 2001, 2005) más algunos braquiópodos linguliformes (aún por estudiar) y ciertas estructuras biogénicas (Esteban, 1993, 2001).

En el presente trabajo no contemplamos los afloramientos supuestamente correlacionables con el Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito en la Sierra de Narváez, de donde proceden algunos graptolitos mal conservados de la asociación *Rhabdinopora-Anisograptus* (Rubiolo *et al.*, 2002), cuya revisión queda supeditada a la obtención de datos significativos.

ANTECEDENTES

Los primeros graptolitos del Famatina fueron descubiertos por Bodenbender (1911, 1912, 1916, 1922). Dicho autor reconoció la existencia de *Dictyonema flabelliforme* y *Staurograptus dichotomus* en los "esquistos negros" de la localidad de Peña Negra (curso alto del río Achavil), atribuyéndolos al "Cambriano superior-Siluriano inferior". Años más tarde, Harrington (en Harrington & Leanza, 1957) define la Formación Volcancito en la sección del río homónimo, donde encontró abundantes graptolitos. Éstos fueron identificados por Turner en un informe inédito de 1951 (en Harrington & Leanza, 1957: 15) como *Dictyonema flabelliforme*, *Dictyonema* sp., *Callograptus* sp. cf. *C. salteri*, *Aspidograptus* sp. cf. *A. implicatus*, *Aspidograptus* sp. cf. *A. minor*, *Anisograptus* sp. cf. *A. flexuosus* y *Anisograptus* sp. cf. *A. richardsoni*. Además, hace mención a un segundo afloramiento coincidente con el de Peña Negra, que se ubica 4 km al norte del río Volcancito. El mismo suministró numerosos restos de graptolitos atribuidos al Tremadociense inferior, correspondientes a las mismas especies antes citadas.

Con posterioridad, Turner (1960) publica el material original de los dos trabajos precedentes, perteneciente a las colecciones Bodenbender, Flossdorf y Harrington (números 14 a 16 de su catálogo), depositadas en la Universidad de Buenos Aires. Discrimina la relación de especies identificadas en cada colección, e ilustra y describe: *Aspidograptus* cf. *implicatus*, *Aspidograptus*? cf. *minor*, *Callograptus* cf. *salteri*, *Dictyonema flabelliforme* var. *famatinense* nov., *Dictyonema* sp. b, *Anisograptus* cf. *richardsoni* y *Anisograptus* cf. *flexuosus*.

Turner (1964) vuelve a citar los mismos graptolitos con motivo del levantamiento cartográfico a escala 1:200.000 de la zona (Hoja 15c: Vinchina), indicando por vez primera que las asociaciones registradas en río Volcancito y Peña Negra podrían no ser idénticas, con una mayor diversidad relativa en Peña Negra, dado que *Anisograptus flexuosus*, *Dictyonema* sp. b y *Aspidograptus*? cf. *minor* faltan en el río Volcancito. Ello implicaría una cierta mezcla de elementos provenientes de ambas localidades en las tres colecciones publicadas con anterioridad.

Respecto al contexto estratigráfico de los horizontes con graptolitos, Harrington (en Harrington & Leanza, 1957) los adscribe a la parte inferior de un tramo de 100 m de pizarras negras que sobreyace a una sucesión de pizarras silíceas y calizas margosas de 250 m de potencia, las cuales libraron a 60 m del techo abundantes restos de trilobites, braquiópodos y moluscos pertenecientes a la Zona de *Parabolina argentina* del Tremadociense temprano. De acuerdo con su posición estratigráfica y atendiendo a la presencia de ciertas especies de graptolitos dendroideos y *Anisograptus*, conocidos respectivamente en Gran Bretaña y Canadá, Turner & Harrington (en Harrington & Leanza, 1957: 26) asignan la asociación graptolítica al Tremadociense inferior alto, aproximadamente equivalen-

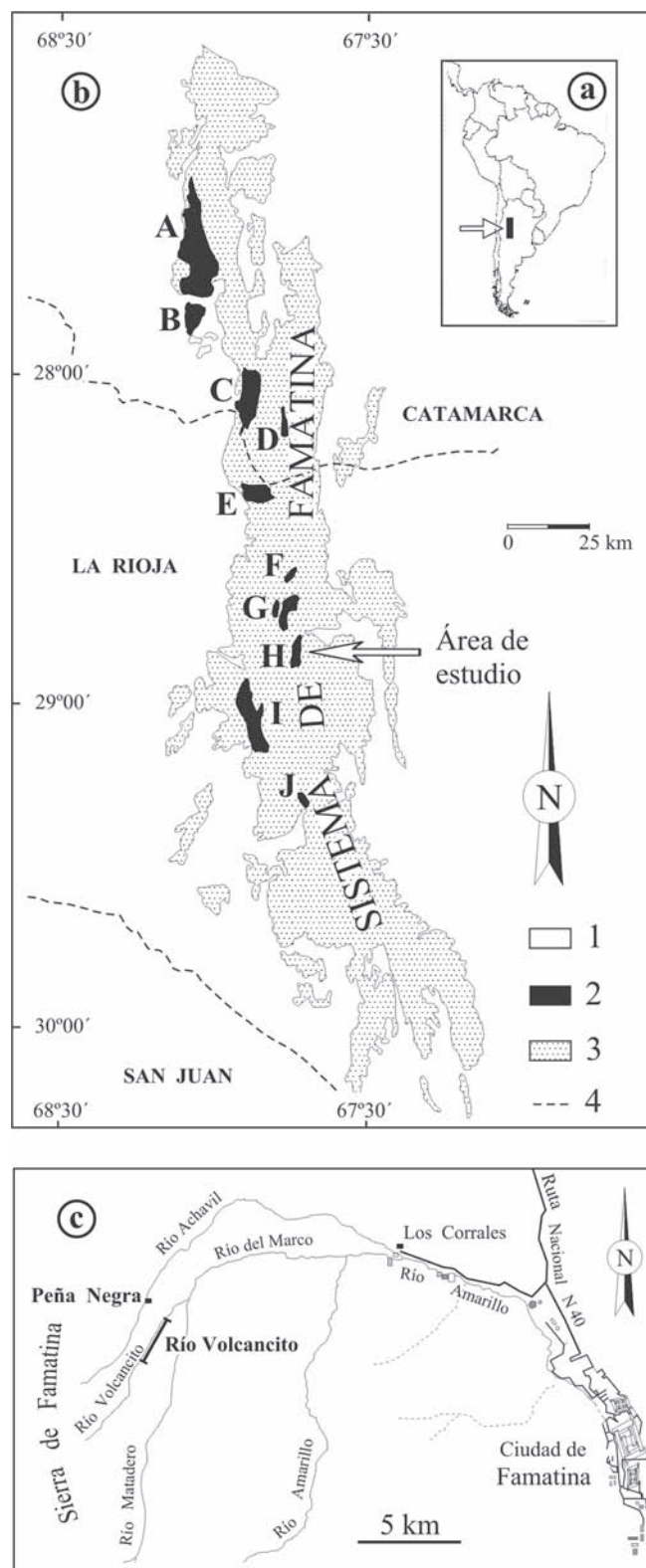


Figura 1. Localización de los afloramientos estudiados. **a**, ubicación del sector en el noroeste argentino (provincias de Catamarca y La Rioja). **b**, Esquema de la constitución geológica del Sistema de Famatina, señalando los principales afloramientos de rocas sedimentarias ordovícicas: A, Sierra de las Planchadas; B, Chaschuil; C, Cerro Negro de Rodríguez; D, Río La Alumbra; E, Morro de Las Planchadas; F, Cerro El Pintado; G, Río Cachiuyo; H, Río Volcancito-Peña Negra; I, Cuchilla Negra; J, Bordo Atravesado. Símbolos: 1, materiales post-paleozoicos; 2, Ordovícico sedimentario; 3, basamento paleozoico; 4, límite provincial. **c**, Detalle del área de estudio, con situación de las secciones fosilíferas de Río Volcancito y Peña Negra.

Location of the studied area. a, Map of South America showing in black the placement of next figure in the NW of Argentina (Catamarca and La Rioja provinces). *b*, Geological scheme of the Famatina System, with the main outcrops of sedimentary Ordovician rocks: A, Sierra de las Planchadas; B, Chaschuil; C, Cerro Negro de Rodríguez; D, La Alumbra river; E, Morro de Las Planchadas; F, Cerro El Pintado; G, Cachiuyo river; H, Volcancito river-Peña Negra; I, Cuchilla Negra; J, Bordo Atravesado. Symbols: 1, post-Paleozoic rocks; 2, Ordovician sedimentary rocks; 3, other Paleozoic rocks; 4, provincial administrative border. *c*, Detail of the area west of the Famatina city, showing the location of the graptolite localities and fossiliferous sections of Peña Negra and Volcancito river.

te en edad y posición a la Zona de *Kainella meridionalis*. Sin embargo, Turner (1960) correlaciona los niveles graptolíticos del Famatina con la parte media de la Zona de *Dictyonema flabelliforme* de otras áreas mundiales, considerándolos equivalentes a la parte superior de la Zona de *Parabolina argentina*.

Toselli (1975, 1977) reemprende el estudio de los graptolitos del Ordovícico Inferior del Famatina con motivo de su trabajo de tesis doctoral en geología regional. El autor describe e ilustra en 1975, como provenientes de Puesto Volcancito: *Dictyonema flabelliforme* var. *famatinense*, *Anisograptus* cf. *richardsoni*, *Aspidograptus* cf. *implicatus* y *Aspidograptus* sp. De forma paralela, en Peña Negra, las tres primeras especies se hallan acompañadas por *Callograptus* sp. y *Clonograptus* sp., género que se cita por vez

primera en estos niveles. La asociación en su conjunto fue asignada a la Zona de *Dictyonema flabelliforme* del Tremadociense inferior (espesor calculado: 380 m), que aquí se situaría por encima de la Zona de *Parabolina argentina* - *Kainella meridionalis*.

La asociación encabezada por *Dictyonema famatinense* (sic) fue integrada por Erdtmann (1982a) en el grupo de “dictyonémidos de tipo Matane” (trirradiado), contrapuesto al grupo de *D. flabelliforme*, y que caracterizarían áreas profundas de cuencas de tipo geosinclinal o de retroarco. Los afloramientos graptolíticos de la Formación Volcancito fueron considerados “alóctonos” y comparados con la zona F (Tremadociense inferior tardío) a posiblemente la C (Tremadociense inferior pleno) de su cuadro de correlación (Erdtmann, 1982a: 11). El mismo autor (Erdtmann, 1982b) cita paralelamente, en otro trabajo, al taxón creado por Turner como *Rhabdinopora flabelliformis famatinensis* (sic).

Aceñolaza & Durand (1983, 1984) hacen una revisión de las secciones graptolíticas del Tremadociense de la sierra de Famatina, determinando por vez primera la presencia de *Dictyonema flabelliforme* forma *typica*, *D. flabelliforme* var. *anglica* (= *D. flabelliforme* var. *famatinense* fide Aceñolaza & Durand), *Dictyonema* cf. *D. scitulum* y *Bryograptus* sp. afín a *B. kjerulfi*. La misma lámina, reproducida en ambos trabajos, ilustra también ejemplos de *Callograptus* sp., *Anisograptus* sp., *Anisograptus* cf. *A. flexuosus* y *Clonograptus* sp. Los autores concluyen una probable edad “parte alta del Tremadociano inferior” para

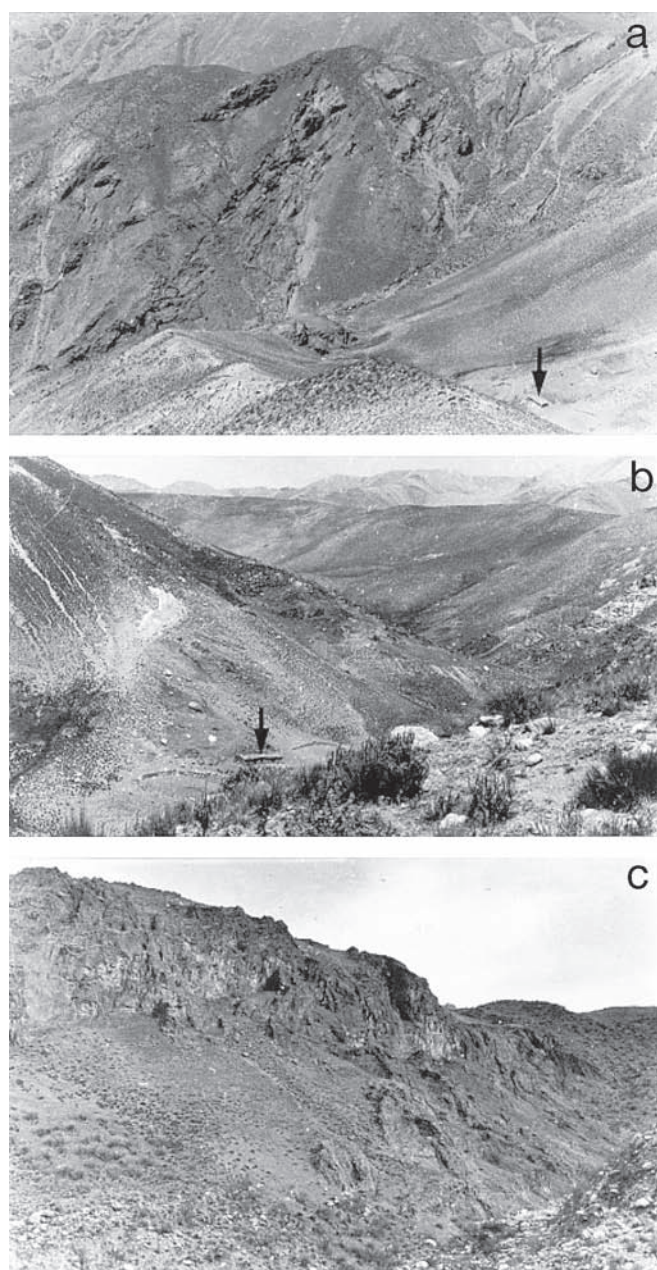


Figura 2. Fotografías de los afloramientos estudiados en el Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito. **a-b**, sección del río Volcancito mostrando los niveles basales (a la izquierda en a), y el tramo más elevado del Miembro Peña Negra (centro-izquierda de la foto b). Las flechas señalan el Puesto Volcancito, que sirve de escala, ubicado hacia los 3450 m de altitud. Los relieves más occidentales (al fondo en b) corresponden al Granito Ñuñorco (Ordovícico). **c**, sección de Peña Negra, en el curso alto del río Achavil. En primer término se observa el tramo basal del Miembro Peña Negra, y más al fondo (hacia el oeste) los niveles más elevados de la unidad.

Field photographs of the studied sections, Peña Negra Member of the Volcancito Formation. a-b, Volcancito river section, showing basal beds of the member (to the left in a), and the upper beds of same (left from the center in B). The small house arrowed in both pictures is Puesto Volcancito, lying on about 3,450 m high. The westernmost mountains (skyline in b) are built by the Ñuñorco Granite (Ordovician). *c*, Peña Negra section, in the upper valley of the Achavil river, showing a continuous outcrop of the Peña Negra Member of the Volcancito Formation, from basal beds (front view) to the highest part of the sucession (right background).

el conjunto de la sucesión graptolítica, y ponen en duda las relaciones estratigráficas de la misma con el tramo que contiene los trilobites de la Zona de *Parabolina argentina*, el cual había sido descrito como infrayacente (y por tanto más antiguo) en trabajos anteriores.

En la misma línea precedente, Moya *et al.* (1994) correlacionan los graptolitos del Famatina con la “Asociación Graptolítica IV” de la Cordillera Oriental, que representaría el “Tremadoc inferior cuspidal”.

Tortello *et al.* (1996) sintetizan el conocimiento paleontológico del Ordovícico de Famatina y resumen las descripciones de *Anisograptus cf. richardsoni*, *A. cf. flexuosus*, *Aspidograptus cf. implicatus*, *A.? cf. minor*, *Callograptus cf. salteri* y *Rhabdinopora flabelliforme*, reproduciendo algunas ilustraciones tomadas de autores anteriores.

Esteban & Gutiérrez-Marco (1997) realizan la segunda revisión taxonómica de las especies de *Rhabdinopora* representadas en el Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, antecedente directo de este estudio. Estos autores confirman la presencia de *Rhabdinopora flabelliformis*, *R. socialis* y *R. patula*; mencionan en nomenclatura abierta otras tres especies (*Rhabdinopora* n. sp. 1, 2 y 3), y citan *Anisograptus richardsoni*, *A. flexuosus* y graptolitos bentónicos transportados (*Aspidograptus*, *Callograptus?*). El conjunto de estas asociaciones se correlacionaría con la “parte media a relativamente tardía del Tremadoc inferior (Cressagiense)”. Estos mismos datos paleontológicos y bioestratigráficos son reiterados por Esteban *et al.* (1999) en una reciente síntesis acerca del Famatina.

Tortello & Esteban (1999) describen una asociación de graptolitos distinta de las precedentes, que por provenir de la parte alta del Miembro Filo Azul de la Formación Volcancito, representarían los graptolitos más antiguos de la región del Famatina. Estos fueron asignados a *Rhabdinopora flabelliformis cf. socialis* y *R. f. cf. norvegica*, pero bajo esta última denominación se incluyen también ejemplares revisados aquí como *R. f. cf. parabola* (Fig. 3).

Albanesi & Ortega (2002) confirman la presencia de *R. f. anglica* entre los ejemplares estudiados por Bodenbender (1916) y Turner (1960) en la sección del río Volcancito, refiriéndose tal vez con ello a su posible sinonimia con *R. f. famatinensis*, ya expresada por Aceñolaza & Durand (1983, 1984). Toro & Brussa (2003) suman también las menciones de graptolitos en la Formación Volcancito, dando por cierta la cita de *Rhabdinopora f. flabelliformis*, y haciéndose eco de las determinaciones de *R. f. socialis* y *R. f. anglica* aportadas por otros autores.

Rubiolo *et al.* (2002) dan cuenta del hallazgo de un posible equivalente de la Formación Volcancito en la Sierra de Narváz (extremidad septentrional del Sistema de Famatina), citando el registro de ejemplares de *Rhabdinopora* sp. y *Anisograptus* mal conservados (identificaciones de Gladys Ortega).

Por último, Gutiérrez-Marco & Esteban (2003, 2004) anticiparon un pequeño avance bioestratigráfico del pre-

sente trabajo en la Séptima Conferencia Internacional de Graptolitos y el Simposio Bodenbender, respectivamente. Sus datos para el Miembro Peña Negra fueron retomados por Albanesi *et al.* (2005), quienes ilustran sendos ejemplares de *Rhabdinopora flabelliformis* ssp. cf. *R. f. parabola* procedentes del Miembro Filo Azul de la Formación Volcancito.

BIOESTRATIGRAFÍA Y CORRELACIÓN

La sucesión estratigráfica de la Formación Volcancito constituye una sección muy completa y representativa de los materiales del Cámbrico Superior tardío y del Ordovícico Inferior temprano (Tremadociense inferior), tal y como habían señalado los distintos autores mencionados en el epígrafe de antecedentes. Sin embargo, con referencia a la sucesión graptolítica apenas se conocían mayores detalles que la atribución de todo el conjunto al Tremadociense inferior (presumiblemente tardío) a partir de los trabajos de Turner (en Harrington & Leanza, 1957, y Turner, 1960). Turner (1964) fue también el primer autor en considerar que las asociaciones de graptolitos de los afloramientos de Peña Negra y del río Volcancito presentaban diferencias taxonómicas y por lo tanto podrían no ser directamente correlacionables, aunque nadie más avanzó luego en el tema y la sucesión estratigráfica del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito (lutitas negras graptolíticas) pasó a ser considerada como virtualmente idéntica en ambas secciones.

En el presente trabajo se aporta el primer estudio bioestratigráfico detallado del registro principal de graptolitos tremadocienses en la Formación Volcancito, evaluando su distribución a la luz de las cronozonas globales (Cooper, 1999) y de los acontecimientos evolutivos ocurridos entre los primitivos graptoloideos planctónicos, que sirven de fundamento biocronológico esencial para la zonación internacional (Cooper, 1979, 1999; Erdtmann, 1988b; Wang, 2000).

Los graptolitos ordovícicos más antiguos se localizan hacia la parte alta del Miembro Filo Azul de la formación en la sección del río Volcancito (Fig. 3), y fueron estudiados por Tortello & Esteban (1999). A pesar de que la revisión de sus horizontes de procedencia no forma parte de los objetivos del presente trabajo (centrado en la sucesión plenamente graptolítica del Miembro Peña Negra de la unidad), hemos tenido oportunidad de acceder al material original de la publicación mencionada, confirmando la presencia de *Rhabdinopora flabelliformis cf. parabola* sugerida por Albanesi *et al.* (2005: lám. 2 fig. 2 y 4). Dicho taxón equivale a los ejemplares estratigráficamente más bajos del género *Rhabdinopora*, que habían sido referidos en parte a *R. f. cf. norvegica* por Tortello & Esteban (1999). *Rhabdinopora flabelliformis parabola* define una cronozona próxima al inicio del Periodo Ordovícico,

La correlación bioestratigráfica entre los perfiles de río Volcancito y la Quebrada Amarilla ofrece, sin embargo, algunas discrepancias en cuanto a la integración de los datos biocronológicos derivados de los distintos grupos taxonómicos. La principal de todas ellas es que la aparición del olénido *Jujuyaspis keideli*, hasta ahora considerada como una isocrona para el reconocimiento aproximado del límite Cámbrico-Ordovícico en ausencia de graptolitos y conodontos (Chen *et al.*, 1980b; Aceñolaza & Aceñolaza, 1992; Miller & Stitt, 1995; Shergold, 2000; Cooper *et al.*, 2001), parece ocurrir aquí en horizontes muy distintos en términos de las biozonas de conodontos. Así, el primer registro de *J. keideli* se sitúa a 10 m por encima de la base de la Biozona de *Cordylodus lindstromi* en la Cordillera Oriental (Ortega & Rao, 1995), en tanto que en el Famatina este mismo trilobites aparece en un horizonte

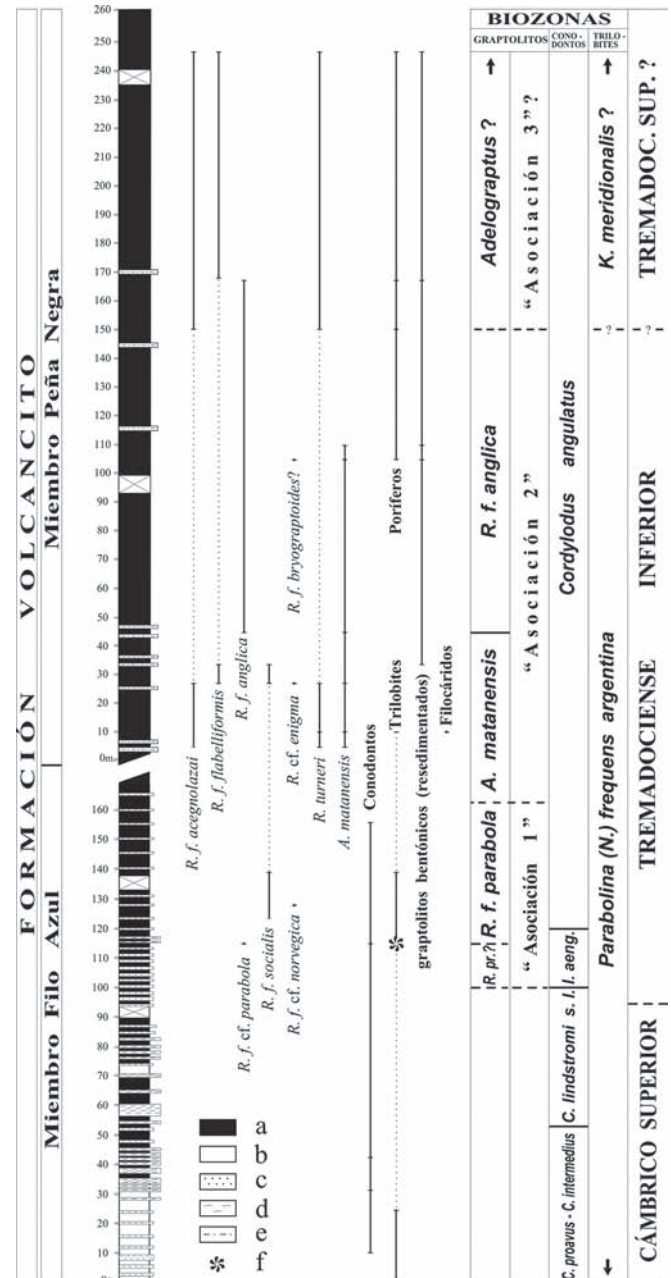


Figura 3. Esquema estratigráfico de los Miembros Filo Azul y Peña Negra de la Formación Volcancito en las secciones de Río Volcancito y Peña Negra, respectivamente, indicando la distribución vertical de los graptolitos estudiados en el Miembro Peña Negra, el registro general de otros grupos fósiles, y la extensión de las unidades bioestratigráficas. Litologías: a, pizarras negras; b, margas; c, areniscas de grano fino; d, lumaquelas calcáreas; e, pizarras grisáceas; f, primera aparición del trilobites *Jujuyaspis*. Abreviaturas taxonómicas y bioestratigráficas: A, *Anisograptus*; R., *Rhabdinopora*; R.f., *Rhabdinopora flabelliformis*; R. pr., *Rhabdinopora praeparabola*; C., *Cordylodus*; “*Iapet.*”, *Iapetognathus* (biozona local definida por la aparición de *I. aengensis*); N., *Neoparabolina*; K., *Kainella*. Biozonación de conodontos según Albanesi *et al.* (1999, 2000a). *Stratigraphic column for the Filo Azul and Peña Negra Members of the Volcancito Formation (uppermost Cambrian to lower upper Tremadocian), according to the Volcancito river and Peña Negra sections, respectively. The vertical ranges of the studied graptolites and the general record of other fossil groups are indicated, as well as the correlation of some biostratigraphical and chronostratigraphical units based on graptolites, conodonts and trilobites. Younger upper Tremadocian graptolitic beds, from the Peña Negra Member of the formation at the Volcancito river section (with Rhabdinopora and ?Bryograptus) are not included in this scheme. Symbols: a, black shales; b, marls; c, fine sandstones; d, calcareous coquinas; e, grey shales; f, lowest stratigraphic record of the trilobite genus Jujuyaspis. Abbreviations: A, Anisograptus; R., Rhabdinopora; R.f., Rhabdinopora flabelliformis; R. pr., Rhabdinopora praeparabola; C., Cordylodus; “Iapet.”, Iapetognathus (local biozone defined here by the FAD of I. aengensis); N., Neoparabolina; K., Kainella. Conodont biostratigraphy after Albanesi et al. (1999, 2000a).*

presumiblemente más tardío, localizado a unos 15 m por encima de la base de la Biozona local de *Iapetognathus* (definida por la aparición de *Iapetognathus aengensis*) y a 62 m sobre la base de la Biozona de *Cordylodus lindstromi*. En lo concerniente a los graptolitos, las primeras formas relacionadas con *R. f. parabola* postdatan al primer registro de *Jujuyaspis* en la Sierra de Cajas (16 m por encima), pero resultarían aproximadamente coetáneas con la aparición de *Jujuyaspis* tanto en el área vecina de El Aguilar (Tortello & Esteban, 2003a), como en la sucesión del río Volcancito (horizonte de 115 m según Tortello & Esteban, 1999; horizonte de 100 m para Albanesi *et al.*, 1999; horizonte de 110 m para Albanesi *et al.*, 2005). En función de estos datos y de los límites marcados por la base de *C. angulatus* en ambas secciones, parece claro que el registro de *Jujuyaspis keideli* en la Formación Volcancito no corresponde en realidad a la isocrona regional antes citada, sino que constituye un hallazgo puntual dentro del rango bioestratigráfico total de esta especie (véase Harrington & Leanza, 1957: fig. 3).

Los restantes horizontes con graptolitos citados para el Miembro Filo Azul (Tortello & Esteban, 1999) se adscriben provisionalmente a la Biocronozona de *Rhabdinopora flabelliformis parabola* por su antecendencia con respecto a los primeros niveles con graptolitos trirradiados, conocidos ya en la base del Miembro medio de la formación (Fig. 3). La presencia de *R. f. socialis* dentro del rango estratigráfico asignado a la Biocronozona de *R. f. parabola* (más exactamente hacia su parte superior) es un hecho conocido a nivel global (Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999). No así el registro de *R. f. norvegica*, que se inicia mundialmente hacia la base de la biocronozona siguiente (de *Anisograptus matanensis*). La leve precedencia en el registro de *R. f. socialis* en el Famatina frente al contexto internacional, unida al hallazgo de posibles rabdosomas relacionados con *R. f. norvegica* en niveles claramente más antiguos que los acreditados por dicha subespecie (Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999), puede deberse a varios factores. Por un lado, hay que considerar el propio carácter pionero asignado a los ecomorfotipos *R. f. socialis* y *R. f. norvegica* en la colonización temprana de los ambientes de plataforma interna, tras el Episodio Regresivo *Acerocare*, según el modelo ecoestratigráfico de Cooper (1999). En este sentido, el contexto marginal gondwánico de la Sierra de Famatina podría haber representado un área donde tal colonización se hubiera producido con alguna antelación frente a las pocas áreas mundiales con registro de graptolitos de la Biocronozona de *R. f. parabola* en ambientes de plataforma interna a intermedia (Norte de Estonia, Utah, Nuevo México...). Por otro lado, tampoco es descartable que la revisión de los horizontes graptolíticos conocidos hasta el momento en la parte alta del Miembro Filo Azul de la Formación Volcancito, se amplíe en el futuro con nuevos hallazgos que permitan reevaluar todas las identi-

ficaciones previas. Buena prueba de ello es la reasignación efectuada por nosotros, a *R. f. cf. parabola*, de parte del material determinado previamente como *R. f. cf. norvegica* en el trabajo de Tortello & Esteban (1999).

La siguiente Biocronozona de *Anisograptus matanensis* ha sido evidenciada por el registro de los primeros graptolitos trirradiados del taxón homónimo, el cual debuta hacia la base del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito en la sección de Peña Negra (Fig. 3). Debido a la falta de afloramientos de su contacto con el Miembro Filo Azul, consideramos justificado suponer que el límite inferior de la Biocronozona de *A. matanensis* pudiera haberse extendido a niveles previos a los estudiados, incluso dentro de la parte más elevada del Miembro Filo Azul de la formación. Ello resultaría especialmente patente por la ausencia de la forma cosmopolita *R. f. canadensis* en la base del Miembro Peña Negra, dado que la misma caracteriza a los niveles de tránsito entre las biocronozonas de *R. f. parabola* y de *A. matanensis* a nivel mundial, y cuya presencia merecería ser investigada en la parte más alta del Miembro Filo Azul de la Formación Volcancito, lo cual excede en principio a los objetivos de este trabajo.

La Biocronozona de *Rhabdinopora flabelliformis anglica* queda acreditada por el registro de la forma nominal, en la sección de Peña Negra, hacia el horizonte de 46,65 m. Su límite superior no ha podido establecerse con certeza, pero podría situarse por encima del posible registro de *R. f. bryograptoides* hacia los 105 m. Esta última subespecie se encuentra restringida a la parte superior de la Biocronozona de *R. f. anglica*, y no supera el límite Tremadociense inferior / superior, coincidente a su vez con la aparición del desarrollo birradiado a escala global (Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999).

Tanto la Biocronozona de *A. matanensis* como la de *R. f. anglica* se adscriben a la "Asociación 2" (evolutiva y cronorregistraica) de Cooper (Cooper, 1979, 1999). Ésta materializa el "bioevento 3" de Wang (2000). De acuerdo con la escala global de las "porciones de tiempo" (*time slices*) de Webby *et al.* (2004), la Biocronozona de *A. matanensis* se equipara con el final de la TS 1a, y la de *R. f. anglica* con el inicio de la TS 1b. Ambas serían correlacionables en su mayor parte con la Unidad de Tiempo 2, exceptuando la parte terminal de ésta, de acuerdo con la escala alternativa diferenciada para los graptolitos (Cooper *et al.*, 2004).

En ausencia de formas auténticamente birradiadas en el Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito (véase discusión a "*Adelograptus*"? sp.), cabe preguntarse si el resto de la sucesión en Peña Negra podría atribuirse ya al Tremadociense superior, o bien resultaría más prudente seguir relacionándola con "la parte alta del Tremadociense inferior", tal y como viene haciéndose desde los trabajos de Turner (en Harrington & Leanza, 1957 y Turner, 1960). La cuestión no admite de momento una respuesta inequívoca,

ante la ausencia aparente de especies características. Sin embargo, en este trabajo tendemos a considerar como muy probable que parte de la sucesión graptolítica del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito pertenezca ya al Tremadociense superior, merced a la concurrencia de diversas evidencias circunstanciales:

- La primera es el posible registro (ya comentado) de *R. f. bryograptoides*, que brindaría una proximidad inmediata al techo de la Biozona de *R. f. anglica* y base de la Biocronozona de *Adelograptus* (Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999) para sus niveles fosilíferos suprayacentes.

- La segunda circunstancia es el acotamiento impuesto por la presencia de conodontos de la parte inferior de la Biozona de *Paltodus deltifer* en el tercio bajo de la Formación Bordo Atravesado, y de raros hallazgos de graptolitos (*Kiaerograptus* spp., *Paradelograptus* spp.) en el tercio alto de la misma unidad (Albanesi *et al.*, 2000b, 2001, 2005). Ambos registros concuerdan bien con una edad equivalente a la de la parte más baja de la “Asociación 4” de graptolitos (Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999), y por tanto permiten especular con una edad equivalente a la de la “Asociación 3” para los tramos infrayacentes: es decir, para la base de dicha formación y, posiblemente también, para la segunda mitad del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito.

- Una tercera circunstancia aplicable al caso es que las formas birradiadas más primitivas (*Adelograptus*, *Bryograptus*) nunca aparecen de manera explosiva en el registro mundial (Cooper & Lindholm, 1990; Cooper, 1999), sino que se documentan en forma esporádica dentro de un intervalo muy mal conocido (la antedicha “Asociación 3” de Cooper, 1979, 1999; Cooper *et al.*, 1998). Los graptolitos más característicos de este tramo (*Psigraptus*, *Adelograptus tenellus*, primeros *Paratemnograptus*?) se localizarían hacia la parte superior del mencionado intervalo en contextos paleotropicales, equiparables con el horizonte Lancefieldiense 1b (antiguo La1.5) de la escala australoasiática. Pero la correlación del La1b también admite interpretaciones y hay autores que integran a estos graptolitos en la Biozona de *Aorograptus victoriae* de contextos más boreales (Maletz & Egenhoff, 2001, 2003; Egenhoff *et al.*, 2004), que Cooper (1999: fig. 2) equiparaba con la parte baja de la “Asociación 4”. Unos problemas de correlación semejantes ocurren entre la “Asociación 3” y la Biozona de *Aorograptus asiaticus* de China (la antigua biozona de *Adelograptus asiaticus*-*Clonograptus minutus* o, más generalizadamente, de *Adelograptus*-*Clonograptus*), que unas veces es asignada a la Biocronozona de *Adelograptus* (“Asociación 3”: Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999), otras considerada como equivalente parcial (su parte inferior) de la Biocronozona de *R. f. anglica* (“Asociación 2”, Feng & Erdtmann, 1999: tabla 1) e, incluso, correlacionable en el noreste de China con niveles aún más elevados, en el tránsito de la “Asociación 3” a la “Asociación 4” (Jackson

& Lenz, 2000: fig. 6). La revisión bioestratigráfica de las secuencias tremadocienses del norte y sur de China (Zhang *et al.*, 2003, 2004) sitúa todos estos intervalos en el Tremadociense superior (aproximadamente en las biozonas de *Aorograptus victoriae* y *Acanthograptus sinensis*). En cualquier caso, las asociaciones del límite Tremadociense inferior a superior, se caracterizan en China por un predominio notable de restos transportados de dendroideos bentónicos (*Dendrograptus*, *Aspidograptus*, *Callograptus*, *Pseudocallograptus*, *Dictyonema* s. str. y *Airograptus*), semejantes a los registros que ocurren en una posición comparable dentro de la secuencia del Famatina (véase apartado taxonómico).

Además de los problemas de correlación expresados, lo que resulta indudable es que el conocimiento de las asociaciones graptolíticas de la base del Tremadociense superior es muy imperfecto todavía, y que casi todos los trabajos describen como “no investigados”, “sin graptolitos” o “zonas aún por definir”, a los niveles previos a la gran biodiversificación de los graptolitos planctónicos ocurrida hacia la base de la Biozona de *Aorograptus victoriae* y equivalentes (Williams & Stevens, 1991; Maletz & Egenhoff, 2001, con diversos ejemplos mundiales). El propio límite intra-tremadociense es situado por Maletz & Egenhoff (2001: fig. 9) en la Biozona de *R. f. anglica*, en lugar de en la base de la Biozona de *Adelograptus tenellus*. Ello revela una vez más la incertidumbre bioestratigráfica y cronoregistrática existente en torno al tránsito Tremadociense inferior-superior, que en el Famatina no puede resolverse por ausencia de formas auténticamente birradiadas. De todos modos, conviene recordar que en la mayoría de las sucesiones mundiales, el registro de *Rhabdinopora flabelliformis* s. l. persiste durante el Tremadociense superior temprano, incluyendo a *R. f. anglica*. Y que el rango total de esta última subespecie supera el límite Tremadociense inferior a superior, coincidiendo con una especiación endémica de *Rhabdinopora* (por ejemplo *R. novosemelicum* en Rusia o *R. hunanensis* en China), dentro de un género que hasta entonces permanecía prácticamente restringido a la especie *R. flabelliformis*. El mismo fenómeno podría ser asumible para la cuenca del Famatina, donde la forma endémica *Rhabdinopora turneri* y la más difundida *R. f. acenolazai* debutan en la Biocronozona de *A. matanensis* y prosiguen su representación en horizontes posteriores a los de la Biocronozona de *R. f. anglica*, junto con abundantes restos de *R. flabelliformis* ssp. y aún frecuentes de *R. f. flabelliformis*. En ausencia de otros graptolitos, *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* resulta fácil de confundir con *R. f. parabola*, una subespecie cuyo registro mundial culmina antes de la aparición del desarrollo trirradiado de *Anisograptus* o *Triramograptus*, y que en todo caso se extingue antes de la Biozona de *Anisograptus matanensis* (Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999). No obstante, en la Sierra del Famatina y en el sur de China (véase Zhang

et al., 2004: fig. 7) el morfotipo “parabola” (*s. l.*) pervive acompañado por *A. matanensis* e incluso por *Bryograptus* o *Kiaerograptus*?, formas propias del Tremadociense superior. En nuestra opinión tales registros, desconocidos en las sucesiones graptolíticas del resto del mundo, deben imputarse a un taxón diferente de *R. f. parabola*, en lugar de atribuir al mismo una extensión vertical desmesurada y anómala, de carácter puntual, relacionada con factores ecológicos de difícil justificación (¿localidades refugio o apariciones “Lázaro” de orden tafonómico?). Es por ello que en el presente trabajo proponemos la creación de un nuevo taxón, *R. f. acenolazai*, que supone la reaparición del morfotipo “parabola” (*s. l.*) coincidente con la diversificación tardía del género en determinados contextos paleogeográficos (*R. turneri*, *R. hunanensis*, *R. novosemelicum*, *R. f. bryograptoides*, etc).

Por último, debemos referirnos a la correlación del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito en las distintas secciones estudiadas. Turner (1964) había apuntado que las asociaciones de graptolitos obtenidas en Peña Negra y en río Volcancito podrían no ser idénticas, por la ausencia de tres especies en río Volcancito de las identificadas en Peña Negra. Los resultados obtenidos por nosotros confirman la mayor diversidad taxonómica existente en Peña Negra, pero implicarían una transposición o mezcla de colecciones en las listas originales de Harrington (identificaciones de Turner, 1951 *vide* Harrington & Leanza, 1957) y Turner (1960) procedentes de ambas secciones.

De acuerdo con la reinvestigación de la sección de río Volcancito, en esta sucesión sólo hemos reconocido *Rhabdinopora f. flabelliformis* y *R. f. acenolazai* junto a dudosos ejemplares de *R. f. socialis*, que alternativamente podrían representar variantes intraespecíficas o tafonómicas de *R. flabelliformis* *s. str.* Esta asociación coexiste en la parte baja de la sección estudiada, donde faltan aparentemente *Anisograptus* u otras formas comunes en el Tremadociense inferior, entre ellas *R. f. anglica*. Ello nos lleva a considerar la posibilidad de que toda la sucesión del Miembro Peña Negra de la formación en río Volcancito se adscriba ya al Tremadociense superior, lo cual se ve refrendado por una colonia única de *Bryograptus*? sp., recogida suelta hacia la parte baja de dicha sección. En este sentido, el género *Bryograptus* inicia su registro mundial en el Tremadociense superior (base de la Biocronozona de *Paradelograptus antiquus* o de la Biozona de *Aorograptus victoriae*), coincidiendo con el evento global de biodiversificación en el que se origina la “Asociación 4” (Cooper, 1979, 1999).

Desde el punto de vista litoestratigráfico, la revisión bioestratigráfica del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito permite incrementar por vez primera el espesor mínimo asignado al mismo, estimado hasta ahora en los poco más de 260 m medidos en la sección de Peña Negra. De ellos, los primeros 110 m son de edad Tremadociense inferior (Biocronozonas de *Anisograptus matanensis* y *R.*

f. anglica, comprendiendo esta última el posible registro de *R. f. bryograptoides* hacia los 105 m), en tanto que los 150 m superiores podrían ser ya del Tremadociense superior basal (Biocronozona de *Adelograptus*?). Por su parte, los aproximadamente 180 m de la sección de río Volcancito (con varios tramos cubiertos) parecen corresponder enteramente al Tremadociense superior (Biocronozonas de *Adelograptus*? en parte, *P. antiquus*? y *Kiaerograptus*? en parte), lo cual se enmarca en los posibles registros de *Bryograptus* hacia la parte inferior, y de *Kiaerograptus* y *Paradelograptus* en la Formación Bordo Atravesado suprayacente. Ello implica que una correlación posible, entre las dos secciones estudiadas del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, debería sumar, a los 110 m de Tremadociense inferior representados en la sección de Peña Negra, los aproximadamente 180 m de posible Tremadociense superior de la sección de río Volcancito, correlacionables en principio con los 150 m asignados a la posible Biocronozona de *Adelograptus*? en Peña Negra. Pero como el registro de *Rhabdinopora turneri* y de algunos dendroideos bentónicos (*Dendrograptus*, *Dictyonema* sp. nov. 2), conocido en esta última unidad y localidad, no se extiende a la base de la sección de río Volcancito, en cuya parte inferior aparecen posibles horizontes más modernos con *Bryograptus*, podemos concluir presuponiendo que no existe un solapamiento bioestratigráfico importante entre ambas secciones. Se estima así un espesor mínimo en torno a los 400-440 m para el conjunto de pizarras negras graptolíticas que constituyen el Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, sin perjuicio de que la potencia pudiera ser todavía mayor al desconocerse con exactitud sus límites litoestratigráficos con el Miembro Filo Azul y con la Formación Bordo Atravesado, respectivamente. La extensión del Tremadociense superior a esta última unidad en su estratotipo de Bordo Atravesado (Esteban, 1999b; Tortello & Esteban, 2003b; Albanesi *et al.*, 2001, 2005) implica un espesor desmesurado, por comparación con otras áreas mundiales, para los materiales asignados a dicha edad en la cuenca del Famatina (alrededor de 450 m). Sin embargo, el mismo entra dentro del rango de potencias del Tremadociense superior en el ámbito perigondwánico, tanto de la Cordillera Oriental argentino-boliviana (“Lutita 2-Arenisca 3” en Moya *et al.*, 1994; formaciones Cieneguillas y Obispo en Erdtmann *et al.*, 1995 y Egenhoff *et al.*, 2004), como en el norte de África (por ejemplo la Formación de Fezouata Inferior: Destombes *et al.*, 1985) y Europa central (por ejemplo el Grupo *Phycodes* de Turingia, Alemania: Linnemann *et al.*, 2003, con síntesis de referencias previas).

RASGOS PALEOECOLÓGICOS

El Miembro Filo Azul de la Formación Volcancito representa ambientes de plataforma relativamente somera,

afectada por tormentas y eventualmente también por el oleaje (Esteban, 1999a, 2002, 2003; Astini, 2001a y b; Mángano *et al.*, 2002; Albanesi *et al.*, 2005). En estas circunstancias tiene lugar la transgresión global del Tremadociense (Fortey, 1984), que profundiza notablemente el ambiente de sedimentación hacia la mitad o el tercio superior del Miembro Filo Azul de la formación, cambiando la sucesión de predominantemente calcárea (calcilitas, margas y calcarenitas) a siliciclástica fina (lutitas y limolitas verdes). A partir de ese momento ingresan a la plataforma los primeros graptolitos planctónicos, representados por *Rhabdinopora flabelliformis* cf. *parabola*, *R. f. socialis* y *R. f. cf. norvegica*. Los dos últimos mencionados representan ecosubespecies características de la plataforma externa (Cooper, 1999). La ausencia de *Staurograptus*/*Radiograptus* en la mitad inferior del rango atribuido a la Biozona de *R. f. parabola*, y de *R. f. canadensis* en la mitad superior del mismo intervalo, puede deberse tanto a deficiencias en los muestreos previos como, más probablemente, a que estos taxones se encuentran restringidos a ambientes todavía más profundos (talud inferior a llanura abisal: Erdtmann, 1988b; Cooper, 1999) y, secundariamente, de menor paleolatitud. Por su parte, las biofacies de conodontos encontradas en el Miembro Filo Azul serían las típicas de ambientes periféricos profundos, localizados entre la plataforma distal y el talud, y comparables con las secciones descritas en el oeste de Terranova o el noroeste de Canadá (Albanesi *et al.*, 2000a), o más estrechamente con las de Asia Central (Albanesi *et al.*, 2005). Los trilobites olénidos y agnóstidos que completan la asociación no aportan mayores precisiones.

El Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, representado por facies de pizarras negras con delgadas intercalaciones turbidíticas, ha sido interpretado esencialmente como depositado en un ambiente de planicie abisal (= "planicie de cuenca") y fondo anóxico (Esteban, 1994, 1999a; G.F. Aceñolaza *et al.*, 1996; Albanesi *et al.*, 2005). Otros autores eran algo más crípticos, aludiendo a un depocentro que genera "ambientes restringidos" en condiciones de columna de agua estratificada y fondos anóxicos (Astini, 1999; Mángano *et al.*, 2002) o, más modernamente, una alternativa con depocentros restringidos a un contexto de plataforma externa y ambientes profundos (Astini, 2003; Astini & Dávila, 2004).

Las asociaciones de graptolitos estudiadas en este trabajo permiten constatar el marco paleoecológico y sedimentario del Miembro Peña Negra, que se atribuye con gran probabilidad a depósitos del talud continental superior. Esto se deduce de la aplicación del modelo ecoestratigráfico introducido por Erdtmann (1982a) y perfeccionado por Cooper (1998, 1999) para las biofacies de graptolitos tremadocienses a escala global. Los datos más significativos resultan de la presencia, por un lado, de *Anisograptus matanensis*, que es una forma meso- a batipelágica, común

en todo tipo de ambientes oceánicos y de talud. Por otra parte, *R. f. anglica* nunca ha sido identificada con certeza en depósitos puramente oceánicos como los de noroeste de Canadá y Australasia, sino que se presenta restringida al biotopo epipelágico de la plataforma y el talud (Cooper, 1999). La concurrencia de ambas formas (*A. matanensis* y *R. f. anglica*) en el Miembro medio de la Formación Volcancito, excluye la interpretación de estos sedimentos como depositados en una llanura abisal. La proximidad a la plataforma vendría indicada también por el registro de graptolitos bentónicos y de esponjas silíceas resedimentadas en distintos niveles de la sucesión, acarreadas por corrientes desde zonas vecinas antes de su completa disgregación o desarticulación.

Los restantes graptolitos planctónicos registrados en el Miembro Peña Negra, o bien son formas holopelágicas y estenotérmicas como *R. f. flabelliformis*, ampliamente difundidas en la plataforma y el talud, o bien son repetición de ecomorfotipos conocidos en ambientes de talud continental, como ocurre con *R. turneri* (similar a *R. praeparabola*) y con *R. f. acenolazai* (reminiscente de *R. parabola*). Estos dos últimos taxones prosiguen su representación en horizontes mucho más modernos que los de las formas a las que se asemejan superficialmente.

Erdtmann (1982a) encuadró a las asociaciones del Famatina entre los rhabdinoporininos del "tipo Matane", en alusión a la presencia de formas con nema dividido y asociadas a *Anisograptus*, características de biotopos profundos relacionados con zonas de alta productividad de fitoplancton. Nuestros resultados taxonómicos no permiten una comparación tan precisa de las asociaciones estudiadas con las del este de Canadá (Matane-Gaspé en Québec y Terranova occidental), pese a la presencia esporádica de *R. f. acenolazai* entre estas últimas, debido a sus mayores condiciones de profundidad en la parte media a baja del talud continental (Cooper, 1999: fig. 4). Sin embargo, el biotopo mesopelágico entre el borde de la plataforma y el talud continental superior, deducido para el Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, sí coincide, en los océanos actuales, con zonas de elevada productividad en fitoplancton. Éstas se relacionarían espacialmente con áreas de afloramiento (*upwelling*) de corrientes oceánicas profundas y disaeróbicas, muy ricas en nutrientes, influidas también por los vectores Ekman de flujo para corrientes oceánicas superficiales. En estas condiciones y ambientes se generan ingentes acúmulos de materia orgánica, origen de las pizarras negras sapropelíticas (Wilde *et al.*, 1989; Cooper, 1998, 1999; todos con referencias previas).

El tránsito a la sucesión del Tremadociense superior, tentativamente asignada a la Biozona de *Adelograptus*?, se marca por un descenso brusco en la diversidad de los graptolitos planctónicos (excluyendo las formas holopelágicas y mesopelágicas endémicas), y también por la ausencia de formas características desde el punto de vista biocronológico.

co. Ambos aspectos concuerdan con lo observado en otras secuencias mundiales, como por ejemplo en la sucesión báltica de Oslo, donde la Biozona de *R. f. anglica* (Tremadociense inferior) y la de *Adelograptus* del tipo *tenellus* (Tremadociense superior) están separadas por 3 m sin graptolitos (Bulman, 1954; Spjeldnaes 1986: fig. 1), o muchos lugares de Avalonia oriental donde los graptolitos llegan incluso a desaparecer (Erdtmann, 2001). A un intervalo equivalente (post-*anglica* y pre-*tenellus*) podría adscribirse la Biozona de *Adelograptus*? del Famatina, pues el biotopo del talud continental superior pudo ser colonizado en este caso con un cierto retraso por las primeras formas birradiadas (¿mediando controles paleolatitudinales?), frente al éxito experimentado por los adelograptidos en los biotopos epipelágicos de plataforma. En cualquier caso, el ambiente regional de depósito para la mitad superior del Miembro Peña Negra, no parece experimentar grandes variaciones de profundidad, y su evolución a medios más oceánicos se descarta en virtud de la ausencia de formas batipelágicas como ciertos adelograptidos de radosoma tenue.

Finalmente, en la Formación Bordo Atravesado suprayacente se localizan restos de *Kiaerograptus* spp. y *Paradelograptus* spp., además de unas biofacies de conodontos de baja abundancia y diversidad, dominadas por elementos de hábito pelágico en aguas profundas o frías del margen gondwánico (Albanesi *et al.*, 2000b, 2001, 2005). La presencia de trilobites pelágicos como los ciclopígidos (Esteban, 1996b, 1999b; Tortello & Esteban, 2003b), así como los tipos litológicos predominantes, refuerza la evolución del ambiente de sedimentación desde la parte superior del talud continental a la plataforma externa, e incluso a medios más someros bajo el influjo esporádico del oleaje de tormenta. Al registro de graptolitos planctónicos en esta formación, le sumamos aquí el descubrimiento del fragmento resedimentado de un graptolito bentónico, citado en el apartado taxonómico como *Dictyonema*? cf. *D. cordillerensis* (Fig. 12).

Tras la sedimentación de las formaciones Volcancito y Bordo Atravesado, la subducción famatiniana termina por generar un arco volcánico activo en el margen gondwánico. Éste se manifiesta por la emersión progresiva de los edificios volcánicos que pasan a delimitar una cuenca interna de retroarco, donde a lo largo del Arenigiense se acumulan importantes espesores de sedimentos fosilíferos.

MARCO PALEOGEOGRÁFICO Y DISCUSIÓN

La sedimentación de la Formación Volcancito tuvo lugar en el margen gondwánico protoandino con posterioridad al colapso extensional con el que finaliza la Orogenia Pampeana en el Cámbrico tardío, y contemporáneamente al inicio de la subducción famatiniana del Ordovícico. Esta

última conduce, ya en el Arenigiense, al desarrollo de un vulcanismo calcoalcalino (arco magmático del Famatina) y a la génesis de una cuenca de retroarco que perdura hasta la fase compresiva oclóyica de la Orogenia Famatiniana (véase Rapela *et al.*, 1998; Pankhurst & Rapela, 1998; Sureda & Omarini, 1999; Astini *et al.*, 2003; Astini & Dávila, 2004; para detalles sobre el marco geotectónico general, referencias previas y nomenclatura).

Hasta el presente se consideraba al Sistema de Famatina como un Terreno de origen gondwánico, acreccionado a su posición actual en el inicio del Ciclo Famatiniano, y que constituiría la cuenca de antepaís y arco magmático previa a la colisión del Terreno alóctono o para-autóctono de la Precordillera. El rango temporal y procedencia de la Precordillera, que forma parte del terreno compuesto de Cuyania (Ramos, 1999, y referencias allí citadas), es objeto de debate entre los que defienden su deriva desde Laurentia, con acreción efectiva a partir del Ordovícico Superior (por ejemplo Astini *et al.*, 1995; Benedetto *et al.*, 1999; VV.AA. in Ramos & Keppie, 1999; Casquet *et al.*, 2001; Astini & Rapalini, 2003; Thomas & Astini, 1996, 2003) o bien del Silúrico terminal (Keller, 1999 o Buggisch *et al.*, 2000, entre otros trabajos); así como la hipótesis previa (recientemente rehabilitada) de traslación y colisión oblicua de la Precordillera desde otros sectores paleoequatoriales del propio Gondwana (Aceñolaza & Toselli, 2000; Aceñolaza *et al.*, 2000, 2002, 2003). Una de las especulaciones más recientes calificaba incluso a la Precordillera como un *microcontinente* de origen lauréntico para el Cámbrico, que derivaba en solitario y colisionaba con Gondwana en el Ordovícico (Thomas *et al.*, 2002).

Del conjunto de modelos así surgidos, el más actualizado y verosímil es el que considera un origen gondwánico para la Precordillera (no lauréntico ni microcontinental independiente), el cual ha tratado de demostrarse por geocronología de los circones detríticos heredados por las rocas del Cámbrico Inferior y Ordovícico Superior temprano de la Precordillera (Finney *et al.*, 2003a, 2003b). No obstante, los datos publicados han de ser descartados provisionalmente por diversas deficiencias en la colecta e identificación de las muestras (Finney *et al.*, 2004, con datos suplementarios), si bien las investigaciones en curso sobre circones detríticos de otras localidades en Precordillera, revelan claramente la ausencia de conexiones con Laurentia (Finney *et al.*, 2005), puestas recientemente en duda por Thomas *et al.* (2004). Las modernas revisiones de los niveles de K-bentonitas del Ordovícico Inferior y Medio de la Precordillera, tampoco guardan relación alguna con las de Laurentia (son de diferentes edades), con posibilidad de tener su foco emisor dentro de Gondwana (Huff *et al.*, 1998, 2003). En este sentido, Fanning *et al.* (2004) confirman que los volcanes del arco magmático del Famatina, en su fase explosiva ácida contemporánea de las K-bentonitas, fueron la fuente de las cenizas vol-

cánicas acumuladas en el Ordovícico de la Precordillera. Ello implica que la acreción Precordillera-Famatina ya estaba casi completada en el Ordovícico Medio (Baldo *et al.*, 2003; Fanning *et al.*, 2004). Hay que tener en cuenta también que los núcleos precámbrico-paleozoicos de las Sierras Pampeanas Occidentales, hasta ahora considerados como de afinidades laurénticas e integrantes del terreno exótico de la Precordillera, parecen ser de origen gondwánico autóctono o parautoctono (Galindo *et al.*, 2004).

Hasta hace poco, Astini *et al.* (1995) y Ramos (2000) continuaban considerando a la Faja del Famatina como el posible vestigio de un arco-isla oceánico, acreccionado como un terreno independiente a Gondwana, antes de la supuesta colisión de la Precordillera. Esta idea ya había sido formulada por algunos autores previos, lo que explica que Erdtmann (1982a) calificase de “alóctonos” a los afloramientos graptolíticos de la Formación Volcancito. La renovación actual de esta hipótesis viene de la mano de algunos datos biogeográficos, en especial la caracterización de asociaciones de conodontos, trilobites y braquiópodos, interpretadas como de aguas cálidas a templadas, cuyas afinidades “celtas” implicarían conexiones con las faunas de la Precordillera y Apalaches-Avalonia occidental. Todo ello en un marco paleogeográfico periférico, aunque externo, a la plataforma continental de Gondwana (Benedetto, 1998, 2001).

A la discusión anterior han venido a sumarse recientes hallazgos paleontológicos, de pretendida relevancia paleogeográfica y paleoclimática, como son el hallazgo de las “algas calcáreas” *Nuia* y *Girvanella* en el Miembro Filo Azul de la Formación Volcancito (Astini & Dávila, 2000; Astini *et al.*, 2000; Astini, 2001a, 2001b, 2003). Según estos trabajos, la asociación sería típica de baja paleolatitud (“dentro de la faja periecuatorial”, entre 0-25°) y comparable a otros registros de Precordillera y Gondwana oriental, planteando la sospecha de que el Famatina fuese un terreno exótico a Gondwana, o bien cuestionando la ubicación paleogeográfica admitida hasta la fecha para el Gondwana occidental (Astini, 2001a, 2001b, 2003; Astini & Dávila, 2004).

Nuestra opinión es bien distinta de tales conclusiones, en primer lugar porque las asociaciones paleontológicas perigondwánicas de paleolatitudes altas a intermedias se conocen aún con un detalle insuficiente como para permitir cualquier comparación, fuera de algunos contextos clásicos europeos y latinoamericanos. Así, por ejemplo, *Girvanella* ha sido citada en el Cámbrico y Ordovícico del suroeste de Europa, en un contexto de paleolatitudes intermedias a elevadas, respectivamente (Hernández Sampelayo, 1915; Fernández Fernández & Moro Benito, 1996; Álvaro *et al.*, 2000; Perejón *et al.*, 2000). La distribución de *Girvanella* es muy amplia, pero la permineralización de tales filamentos cianobacterianos ocurre de forma muy esporádica en los sedimentos siliciclásticos, donde cuentan

además con muy bajo potencial de fosilización. El carácter cosmopolita de *Girvanella*, su diversidad de hábitats y su amplio registro estratigráfico, hace que su asociación con *Nuia* no sea particularmente significativa. Por otra parte, si aceptamos el origen orgánico de *Nuia* (discutido entre otros por Spincer, 1998), y su distribución paleotropical en el Cambro-Ordovícico, su presencia en el Famatina puede no deberse a factores estrictamente paleolatitudinales, al contrario de como hasta ahora se ha pretendido centrar la discusión. En este sentido, el desarrollo de corrientes cálidas de origen tropical que afectasen al margen occidental de Gondwana, podría haber sido decisivo para la dispersión de *Nuia* en torno al límite Cámbrico-Ordovícico en la región del Famatina. Pero el registro de *Nuia* (individual o en asociación con *Girvanella*) tampoco es demostrativo de ambientes con aguas cálidas permanentes como los que cabría esperar en una región paleotropical de bajas latitudes. Muy al contrario, las asociaciones de conodontos del Ordovícico basal de la Formación Volcancito no incluyen ninguno de los elementos característicos de la provincia del Continente Medio, propios de aguas cálidas y someras, si bien resultan comparables a las de otras localidades contemporáneas de la Cordillera Oriental (formaciones Lampazar y Cardonal), asignadas a los ambientes de “transición” (*Transitional Faunal Realm*) entre aguas frías y cálidas a lo largo del margen gondwánico (Albanesi *et al.*, 2000a, 2000b, 2005).

La demostración de la llegada de corrientes cálidas al Famatina está acreditada para el Arenigiense medio, donde entre trilobites, moluscos y braquiópodos típicamente perigondwánicos, aparecen algunos trilobites epipelágicos como *Carolinites genacinaca*, considerado paleoequatorial por McCormick & Fortey (1999), cuyo registro se prolonga hasta el sur de Bolivia (G.F. Aceñolaza *et al.*, 1999, con referencias previas). También por el braquiópodo *Ahtiella*, una forma de aguas templadas identificada recientemente en el Arenigiense de Famatina (Benedetto, 2003b) y Perú (Gutiérrez-Marco *et al.*, 2004). No obstante, el registro de ciertos trilobites como *Hungioides* y *Gogoella* en el Arenigiense del Famatina, induce a la confusión de asignar la asociación a la “Provincia de *Asaphopsis*” de Gondwana oriental (Vaccari, 1995). A diferencia de *Gogoella*, *Hungioides* no puede ser considerado como un inmigrante australiano (*vide* Vaccari, 1995, y Benedetto, 1998), habida cuenta de su presencia frecuente en el Ordovícico de Europa y el suroeste de China (Rábano, 1983; Zhou *et al.*, 1998: ambos con referencias previas).

Pese a que Astini (2003: 95) continúa insistiendo en que el reconocimiento de la asociación *Nuia-Girvanella* en el Miembro Filo Azul de la Formación Volcancito es significativa en términos paleoclimáticos y paleogeográficos, Benedetto (2003a: 102) admite otras posibilidades relacionadas con condiciones ambientales locales. La primera que menciona son aguas cálidas inducidas por su

proximidad a áreas volcánicas (en esos momentos desconocidas a escala local), y la segunda la influencia de una posible corriente oceánica de aguas cálidas que circulase a lo largo del margen gondwánico, como la acreditada para el Silúrico-Devónico Inferior, pero que en nuestra opinión ya opera con seguridad en el Arenigiense.

En cualquier caso y retomando la discusión principal, el quimismo de las rocas ígneas revela que el arco magmático del Famatina tiene un origen claramente continental en el Ordovícico Inferior (Rapela *et al.*, 1992) y no fue un arco-isla oceánico. Los autores que así lo interpretaban, situaron el relleno sedimentario y volcanoclástico registrado en la cuenca de intra- a retroarco entre el Tremadociense y el Darriwiliense (Astini *et al.*, 1995; Rapela *et al.*, 1998). En el mismo sentido, la Formación Volcancito llegó a figurar en algunos modelos paleogeográficos y esquemas secuenciales como el primer depósito acumulado en la cuenca del retroarco famatinense (por ejemplo, Astini *et al.*, 1995: fig. 11c), lo cual no concuerda con las indicaciones ecoestratigráficas aportadas por los graptolitos estudiados en el presente trabajo. Éstos revelan que la sedimentación del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito tuvo lugar en un ambiente profundo y oceánico, probablemente en la parte superior del talud continental o en el borde más externo de una plataforma de alto gradiente. Y ello dentro del contexto de una fase corta de margen pasivo en un marco netamente gondwánico, previo a la emergencia del arco volcánico continental que definió la cuenca arenigiense (cf. Esteban, 1996a, 2002; Zimmermann & Esteban, 2002; Esteban & Zimmermann, 2002; Zimmermann *et al.*, 2003; Astini, 2003; Astini & Dávila, 2004). Este vulcanismo se inicia diacrónicamente en la Puna a partir del Tremadociense (Koukharsky *et al.*, 1996), siendo en parte contemporáneo al principal periodo intrusivo granítico famatinense. No obstante, la actividad volcánica en el arco Puna-Famatina es esencialmente arenigiense, y postdata en el área de estudio a una Formación Volcancito cuyo depósito tuvo lugar bajo el influjo oceánico directo del Iapetus (Japeto) sur, sin que mediasen los ambientes “restringidos” que anteriormente servían para interpretar sus facies graptolíticas.

DESCRIPCIONES TAXONÓMICAS

La taxonomía de los graptoloideos planctónicos primitivos adopta las revisiones modernas de Erdtmann (1982b) y Cooper *et al.* (1998). La clasificación supragenérica de los mismos considera únicamente a la familia Anisograptidae, coincidiendo con los criterios expresados por Fortey & Cooper (1986) y Williams & Stevens (1991), para no adscribir los taxones que siguen a las subfamilias Rhabdinoporinae, Anisograptinae (*sensu* Mu) o Adelograptinae. La distinción entre las familias Rhabdinoporidae y Anisograptidae (enmendadas ambas por Wang & Wang,

2001), dentro de un supuesto suborden Graptodendroidina, no nos parece fundada en argumentos morfológicos o evolutivos convincentes.

La clasificación de los dendroideos bentónicos adopta las divisiones tradicionales, en tanto no se proceda a clarificar la elevación de las familias actuales a superfamilias, subórdenes e incluso órdenes independientes, tal y como se está considerando de cara a la tercera edición del volumen de graptolitos del *Treatise* (coordinado por C.E. Mitchell).

La nomenclatura abierta y las indicaciones añadidas a las listas de sinonimias siguen los criterios recopilados por Matthews (1973) y Bengtson (1988).

El material estudiado ha sido depositado en la colección paleontológica del Instituto Superior de Correlación Geológica e Instituto Miguel Lillo (sigla PIL), radicada en la Universidad Nacional de Tucumán (Argentina). Allí se consultó también el material original procedente de otros estudios previos sobre la Formación Volcancito del Famatina (Toselli, 1975, 1977; Aceñolaza & Durand, 1983, 1984).

Orden GRAPTOLOIDEA Lapworth
(in Hopkinson & Lapworth, 1875)
Familia **anisograptidae** Bulman, 1950

Género *Rhabdinopora* Eichwald, 1855

Especie tipo: *Gorgonia flabelliformis* Eichwald 1840, por designación original.

Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis
(Eichwald, 1840)
Figs. 4a-b, 14a-c

- * 1840 *Gorgonia flabelliformis* nob.; Eichwald, 207.
- ? 1916 *Dictyonema flabelliforme* (Eichwald); Bodenbender, 142.
- 1927 *Dictyonema flabelliforme* (Eichwald); Bulman, 12-26, figs. 6c-d, 12-14, lám. 1 figs. 2 y 4; lám. 2 figs. 3-4.
- 1954 *Dictyonema flabelliforme flabelliforme* (Eichwald); Bulman, 14-17, fig. 4a-d, lám. 2 figs. 1-5.
- ? 1960 *Dictyonema flabelliforme* (Eichwald) var. *famatinense* nov.; Turner, 36-38, lám 1 fig. 2.
- 1966 *Dictyonema flabelliforme* (Eichwald); Bulman, 407-413, fig. 1-3.
- 1973 *Dictyonema flabelliforme patulum* subsp. nov.; Bulman & Rushton, 18-20, figs. 4a-b, lám. 2 figs. 1, 5, 6; lám. 3 figs. 1-2.
- p 1982b *Rhabdinopora flabelliformis* (Eichwald); Erdtmann, 129-136, lám. 2 figs. 4-7 [non lám. 2 figs. 3, 8-9 = *R. f. norvegica* (Kjerulf)]. Con sinonimia completa de la subespecie, de la que hay que excluir las referencias a *R. f. socialis* y *R. f. norvegica*.
- p 1984 *Dictyonema flabelliforme* (Eichwald) forma *typica*

- Brögger; Aceñolaza & Durand, 271-272, lám. 1 figs. 1, 3, 10? (pp.= *R. f. socialis*).
- 1992 *Rhabdinopora flabelliformis*; Aceñolaza, 91.
- ? 1996 *Rhabdinopora flabelliforme* (Eichwald); Tortello *et al.*, 128-129, lám. 10.2 fig. 2.
- v 1997 *Rhabdinopora flabelliformis* (Eichwald); Esteban & Gutiérrez-Marco, 60.
- v 1997 *Rhabdinopora patula* (Bulman & Rushton); Esteban & Gutiérrez-Marco, 60.
- v 1998 *Rhabdinopora patula* (Bulman & Rushton); Esteban & Rigby, 2.
- 1998 *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald); Cooper *et al.*, 12-13, figs. 6c y 7.
- v 1999 *Rhabdinopora f. flabelliformis*; Esteban *et al.*, 219.
- v 1999 *Rhabdinopora patula*; Esteban *et al.*, 219.
- 1999 *Rhabdinopora flabelliformis* (Eichwald); F.G. Aceñolaza *et al.*, 178.
- v 2002 *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis*; Esteban, 30.
- v 2003 *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald); Gutiérrez-Marco & Esteban, figs. 2 y 3f.
- p 2003 *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald); Toro & Brussa, 444 (su ejemplar de la lám. 1 fig. 1 procede de la Cordillera Oriental).

Material: Numerosos fragmentos de radosomas, incluyendo colonias juveniles y restos incompletos de radosomas adultos, PIL 13780-13793 y 14672-14678, encontrados en la parte inferior de la sección de río Volcancito y en el intervalo de 2,5 a 247 m de la sección de Peña Negra. Biozonas de *Anisograptus matanensis*, *Rhabdinopora flabelliformis anglica* y *Adelograptus*?: Tremadociense inferior a parte baja del Tremadociense superior.

Descripción: El radosoma es de tamaño medio a grande con una morfología comprendida entre las categorías 2a a 4a de Cooper *et al.* (1998), con predominio de esta última. La relación longitud/anchura varía entre 0,8 y 1,18. La sícula mide 1,2 mm y conserva vestigios muy cortos del nema (0,19 mm). La estructura proximal aparenta ser cuadrirradiada; las dicotomías posteriores a las primeras se suceden con cierta regularidad a intervalos situados a 1-1,5, 3-3,5, 6-8, 9-10, 10-15, 16-18, 21-25 y 27-29 mm de la sícula.

Las estipes son delgadas y aproximadamente rectilíneas, con una anchura lateral de 0,34-0,45 mm, y un ancho dorsoventral igual o superior a 0,72 mm. Su número en 10 mm varía entre 7-9,5 (8-9 en los sectores maduros del radosoma). Las estipes aparecen unidas por disepimientos finos, cuya distribución e inserción varía para cada radosoma, observándose dos morfotipos bien definidos en función de las características de estas estructuras. En el primer caso, que corresponde a las formas típicas de la subespecie, los disepimientos se disponen de una forma bastante regular y en su mayoría están orientados de modo perpendicular a las estipes, alcanzando un diámetro de 0,07-0,1 mm en la parte central. El número de disepimientos en 10 mm oscila entre 7 y 10 (normalmente 7 a 8) dentro de un mismo radosoma de este primer grupo. Ocasionalmente presentan recrecimientos corticales, que afectan selectivamente a sus bases de fijación en la estipe, y que se manifiestan por un engrosamiento en el diámetro (0,12-0,14 mm en la parte central y 0,27-0,36 mm en la unión con la estipe). Estos disepimientos suelen ser simples y rectilíneos, delimitando una malla regular con fenéstrulas rectangulares,

cuadrangulares o tabulares, dependiendo del estado astogenético del radosoma. En contadas ocasiones se observa la divergencia de dos disepimientos desde un mismo punto de inserción en una de las estipes, pero las irregularidades en su espaciamento no afectan más que a sectores concretos del radosoma.

En un segundo grupo de radosomas, los disepimientos presentan grandes variaciones en su morfología, orientación y espaciamento, incluso dentro de una misma colonia (Fig. 4a). La mayoría de estas estructuras se insertan perpendiculares a la estipe y están adelgazadas en su porción central (anchura: 0,03-0,09 mm). Sin embargo, en los mismos sectores, existen también un

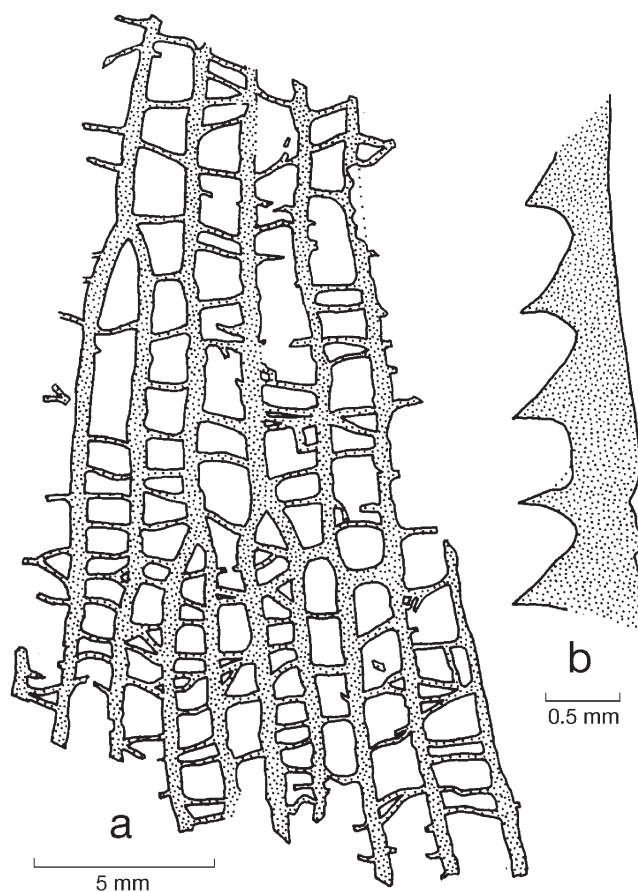


Figura 4. *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald, 1840). **a**, detalle de la malla de la colonia PIL 13781, con fenéstrulas y disepimientos irregulares (morfotipo “patulum”). Horizonte de 168 m en la sección de Peña Negra. **b**, detalle de una estipe de PIL 13783a, en vista lateral, mostrando el perfil de las autotecas. Horizonte de 3,30 m en la sección del río Volcancito.

Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis (Eichwald, 1840). **a**, detail of the mesh of the specimen PIL 13781, with irregular fenestrulae and dissepiments (“patulum” morphotype). Peña Negra Member of the Volcancito Formation, horizon of 168 m above the local base of Peña Negra section. **b**, detail of stipe in sample PIL 13783a, showing lateral profile of autothecae. Horizon of 3.30 m above the base of outcrop in the Volcancito river section.

gran número de disepimentos oblicuos, que frecuentemente se unen a una de las bases de inserción de otro disepimento normal. Raras veces se observa convergencia de tres disepimentos en un mismo punto de la estipe, o la unión de un disepimento oblicuo a la parte central de otro disepimento dispuestos entre dos estipes. En ocasiones, las anastomosis entre disepimentos implican ángulos elevados; la presencia de disepimentos incompletos ocurre también con cierta frecuencia, pero puede ser debido a deficiencias en la conservación. La existencia de espesamientos corticales se manifiesta en la base ensanchada o coalescente de muchos disepimentos, llegando a desembocar en la unión esporádica entre disepimentos contiguos, que pueden formar estructuras aisladas de grosor considerable (0,28-0,36 mm).

El espaciado longitudinal entre los disepimentos de los rabdosomas de este segundo morfotipo registra grandes irregularidades, contabilizándose un número variable entre 8-16 en 10 mm en diferentes regiones de una misma colonia, o incluso entre dos estipes concretas. El número más elevado de disepimentos se concentra normalmente en pequeños sectores del rabdosoma, sin estar asociado a procesos patológicos de regeneración de la malla.

Las autotecas han podido reconocerse en la región proximal de algunos rabdosomas, así como en las estipes laterales de las colonias adultas. Su margen ventral está inclinado 40° con el eje de la estipe, y presentan denticulos aperturales. El número de autotecas varía entre 15 y 16 en 10 mm. En vista dorsal, lo más que se distingue son los recorridos entrelazados y alternos de las protecas (de aspecto tubular) correspondientes a autotecas y bitecas sucesivas.

Observaciones: El registro de *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* en las secciones estudiadas, comprende dos morfotipos bien diferenciados en cuanto a la distinta regularidad de la malla, condicionada por el modo de inserción y densidad de los disepimentos. El primero de estos morfotipos corresponde a la forma típica de la subespecie, con estipes rectilíneas y fenéstrulas rectangulares a cuadrangulares (Fig. 14c). Por su parte el segundo, con la malla mucho más irregular (Fig. 4a), se relaciona claramente con el morfotipo “*patulum*” (o “*patula*”), descrito como una subespecie de *R. flabelliformis* por Bulman & Rushton (1973). Recientemente, Cooper *et al.* (1998) consideraron que el espaciado de los disepimentos y la morfología del rabdosoma son caracteres sujetos a un rango considerable de variación intraespecífica, por lo cual poseen un valor diagnóstico muy limitado. *Rhabdinopora flabelliformis patula* fue considerada, consecuentemente, como un sinónimo posterior de *R. f. flabelliformis*, dado que los caracteres distintivos de la primera carecen, en realidad, de valor diagnóstico.

En el Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, las formas típicas de *R. f. flabelliformis* predominan notablemente sobre el morfotipo “*patula*”. Las poblaciones de este último se presentan bien separadas, estratigráficamente, en los horizontes de 27 m (Biozona de *Anisograptus matanensis*) y 167,5 m (Biozona de *Rhabdinopora f. anglica*), sin observarse su concurrencia con la forma típica. Por el contrario, en el nivel fosilífero superior de la parte

baja del perfil del río Volcancito, ambos morfotipos coinciden en un mismo horizonte, con un predominio relativo de los rabdosomas de malla irregular (= “*patula*”).

La presencia de *R. f. flabelliformis* en la Sierra de Famatina fue indicada por vez primera por Aceñolaza & Durand (1984), quienes atribuyeron a la forma típica de la especie rangos de 8 a 12 estipes y 5 a 7 disepimentos en 10 mm, respectivamente, para colonias con relación longitud/anchura comprendida entre 1,1-1,8. El elevado número de estipes de alguno de los ejemplares, por encima del rango de 7-9 en 10 mm (Cooper *et al.*, 1998; Wang *et al.*, 1998), indica que Aceñolaza & Durand (1984) reunieron bajo la misma denominación más de un taxón, uno de los cuales se correspondería con *R. f. socialis* descrito en el presente trabajo.

De todo el material obtenido en la Sierra de Famatina, *R. f. flabelliformis* morfotipo “*patula*” es el graptolito más próximo morfológicamente a la descripción original de *R. flabelliformis famatinensis* (Turner, 1960). El holotipo de esta subespecie es muy similar en cuanto a la divergencia general del rabdosoma, carácter de la malla y cierta zonalidad de las dicotomías. Sin embargo, en la descripción acompañante deben mezclarse los caracteres de diversas especies distintas ya que, como indicamos en este estudio, la diversidad taxonómica de las asociaciones sucesivas con *Rhabdinopora*, en distintos niveles de la Formación Volcancito, es bastante superior a la sospechada por Turner (1960). De los caracteres considerados como más distintivos de *R. f. famatinensis* por este autor, utilizados para distinguirlo de otras formas del género, destacamos el gran número de disepimentos en 10 mm (dispuestos algo irregularmente y con evidencias de recrimiento cortical), así como el amplio espaciado de las estipes en la región proximal de la colonia. La primera característica concuerda muy bien con el morfotipo “*patula*” de *R. f. flabelliformis*, pero otra serie de caracteres, como la sícula con nema delicado, número de tecas reducido (12-13 en 10 mm) y la presencia de 11 a 12 estipes en 10 mm en la porción proximal, impiden descartar que parte de estos caracteres se refieran a ejemplares distintos del holotipo. En consecuencia, en la descripción original de *R. f. famatinensis* podrían haberse mezclado caracteres diagnósticos de varias especies del género *Rhabdinopora*, lo que haría al taxón irreconocible. La consideración posterior (Aceñolaza & Durand, 1984) de *R. f. famatinensis*, como sinónimo de *R. f. anglica*, se comenta en otro apartado de este trabajo.

La morfología de *Rhabdinopora flabelliformis* “*tarijensis*” (Steinmann & Hoek), descrito en la parte superior de la Formación Iscayachi de la Cordillera Oriental boliviana, resulta a grandes rasgos muy similar a la del morfotipo “*patula*” de *R. f. flabelliformis*, tal como se deduce del material ilustrado por Bulman (1931) y Turner (1960). Ejemplares comparables fueron descritos posteriormente

por Ortega & Suárez-Soruco (1994) como *Rhabdinopora* sp. A, procedentes de afloramientos próximos al área tipo de la subespecie. *R. f. "tarijensis"* ha sido citado también en Argentina (parte media de la Formación Cardonal, Cordillera Oriental) en niveles correlacionables o ligeramente más antiguos que los bolivianos (Alonso *et al.*, 1982; Moya *et al.*, 1994). Todo el material publicado hasta ahora de "*Rhabdinopora tarijensis*" (apelación dada al taxón por Erdtmann *et al.*, 1995) presenta signos evidentes de deformación tectónica, por lo que la relación longitud/anchura de los rabdosomas varía entre 0,4-1,39, si consideramos el material de Tacsará, Tarija y Culpina ilustrado en los trabajos precedentes. Sin embargo, aún teniendo en cuenta las colonias deformadas más transversalmente, puede observarse que *R. f. "tarijensis"* difiere del morfotipo "*patula*" de *R. f. flabelliformis* por la mayor regularidad en la disposición y morfología de los disepimientos, el mayor grosor de tales estructuras (0,15-0,25 mm) y un número de estipes (11-13 según diferentes autores) más elevado en 10 mm. El número de autotecas anotado por Turner (1960) para *R. f. "tarijensis"* también resulta más bajo (12 en 10 mm frente a 14-16 en *R. f. flabelliformis*).

Distribución: *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* es una forma cosmopolita, cuyo registro se extiende entre las biozonas de *Anisograptus matanensis* (parte media del Tremadociense inferior) y de *Adelograptus* (parte baja del Tremadociense superior). En la Formación Volcancito, la subespecie nominal está representada en un amplio intervalo (221 m) del Miembro Peña Negra de la unidad, dentro de las biozonas de *A. matanensis* y de *R. f. anglica*. Fuera del Famatina, *R. f. flabelliformis* ha sido citado en otras localidades de Argentina, Chile (cf.), Bolivia, Colombia (cf.) y México, según identificaciones que deberán ser reevaluadas a la luz de la moderna taxonomía del género (Cooper *et al.*, 1998).

Rhabdinopora flabelliformis acenolazai subsp. nov.

Figs. 5, 14g, 15a-c

- p 1950 *Dictyonema rusticum* (Lapworth MS); Bulman, 77-78, lám. 5 fig. 4; non fig. 2, lám. 5 figs. 1-4 y lám. 8 figs. 11-13 (= *Rhabdinopora rustica* según Erdtmann, 1986, morfotipo geróntico).
- ? 1957 *Dictyonema* sp.; Turner en Harrington & Leanza, 15, 24 y 26.
- . 1960 *Dictyonema* sp. b; Turner, 44, lám. 3 fig. 11.
- ?p (1975) *Dictyonema flabelliforme* (Eichwald) var. *famatinese* nov. Turner; Toselli, 150-151, lám. 4 fig. 2.
- vp 1984 *Dictyonema flabelliforme* (Eichwald) var. *anglica* Bulman; Aceñolaza & Durand, 271-272, lám. 1 figs. 2 y 6.
- v 1997 *Rhabdinopora* n. sp. 1; Esteban & Gutiérrez-Marco, 60.
- ? 1998 *Rhabdinopora parabola*; Moya *et al.*, 230, fig. 2.2.
- v 1999 *Rhabdinopora* n. sp. 1; Esteban *et al.*, 219.
- ? 2000 *Rhabdinopora parabola* (Bulman); Moya & Albanesi, 115.

- ? 2002 *Rhabdinopora f. parabola*; Albanesi & Ortega, 152.
- 2003d *Rhabdinopora flabelliformis*; Moya *et al.*, fig. 25.
- v 2003 *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* n.n.; Gutiérrez-Marco & Esteban, 40, figs. 2 y 3E.
- p 2003 *Rhabdinopora flabelliformis parabola* (Bulman); Toro & Brussa, 445 (tan sólo los ejemplares de la Fm. Saladillo; non lám. 1 figs. 2-3).
- ?p 2004 *Rhabdinopora f. parabola* (Bulman); Zhang *et al.*, fig. 7.

Holotipo: Rabdosoma PIL 14482, depositado en la colección de paleoinvertebrados Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (Argentina), e ilustrado aquí en la Fig. 5 y 14g.

Localidad tipo: Peña Negra, en la margen derecha del río Achavil, 72 km al oeste de la población de Famatina (La Rioja, Argentina).

Estrato tipo: Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, horizonte situado 246 m por encima de la base en el perfil de Peña Negra. Tremadociense superior (?), Biozona de *Adelograptus*?

Derivación del nombre: La nueva subespecie está dedicada al Acad. Prof. Dr. Florencio Gilberto Aceñolaza, director del Instituto Superior de Correlación Geológica del CONICET y la Universidad Nacional de Tucumán (INSUGEO), quien estudió graptolitos ordovícicos en diversas localidades del Sistema de Famatina, e impulsó la prosecución de las investigaciones en el área, de las que da cuenta el presente trabajo.

Paratipos: Numerosos rabdosomas, esencialmente completos y en buen estado de preservación. Los ejemplares PIL 13794 a 13799b, 14479 a 14481 y 14679-14680, proceden de las biozonas de *Anisograptus matanensis*, *Rhabdinopora f. anglica* y *Adelograptus*? de Peña Negra; los numerados como PIL 14483 a 14488, de la Biozona de *Adelograptus*? del río Volcancito.

Diagnosis: Rabdosoma muy ancho con región apical redondeada, generalmente de longitud inferior a 50 mm. Estipes delgadas (anchura lateral 0,25-0,4 mm), separadas por interespacios más grandes (0,5-0,9 mm), en número de 8-11 en 10 mm (promedio 9-10). Disepimientos muy delgados, distribuidos irregularmente.

Broadly parabolic rhabdosome, usually less than 50 mm in length. Stipes are relatively thin (lateral width of 0.25-0.4 mm), generally straight to moderate in sinuosity, with interstipe distance of 0.5-0.9 mm. Mean stipe spacing ranges from 8 to 11, averaging 9-10, in 10 mm. Dissepiments very thin and irregularly arranged.

Descripción: Rabdosoma ampliamente cónico, con longitud máxima observada de 50 mm (normalmente 15 a 20 mm) y relación longitud / anchura comprendida entre 0,5-0,8 (este valor típicamente se sitúa entre 0,6 y 0,7, siendo igual o superior a la categoría 4c de Cooper *et al.*, 1998: fig. 11). El rabdosoma se expande rápidamente a partir de una región proximal redondeada, de la que resalta el extremo apical de la sícula, normalmente inclinado con respecto al eje del rabdosoma y prolongado en un nema delicado y flexuoso, el cual alcanza una longitud de 2,7 mm y rara vez se conserva. El rabdosoma mantiene un crecimiento constante en anchura a lo largo de su astogenia, de modo que su ángulo de divergencia en perfil lateral varía entre

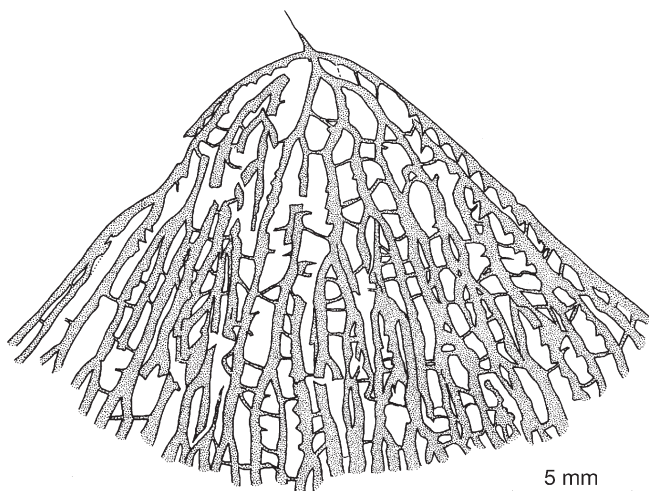


Figura 5. *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* subsp. nov. - Esquema de la región proximal del holotipo PIL 14482 (= Fig. 14g), procedente del horizonte de 221 m de la sección de Peña Negra (Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito).

Rhabdinopora flabelliformis acenolazai subsp. nov. - Outline of the proximal region of the holotype, PIL 14482 (= Fig. 14g), from the horizon of 221 m above the base of the Peña Negra Member of the Volcancito Formation at Peña Negra. Scale bar in millimeters.

68°-95° (promedio 75°-80°). Esta variación se debe a que muchos rabdosomas se presentan algo contraídos distalmente, haciendo que sus perfiles laterales sean levemente convexos.

Las estipes son delgadas; su anchura lateral oscila entre 0,25-0,4 mm (promedio 0,35 mm) y se encuentran separadas por espacios claramente mayores (0,5-0,9 mm), dando a la malla un aspecto abierto. El número de estipes en sectores maduros de la colonia (a partir de 10-15 mm de la sícula) varía entre 8 y 11 (promedio 9-10) en 10 mm. Las estipes en vista dorsal estricta son bastante rectilíneas y de bordes aproximadamente paralelos. La ramificación del rabdosoma se produce de una forma relativamente rápida, sin que existan zonas definidas de concentración radial de dicotomías, constantes de un rabdosoma a otro. El número de divisiones presente en los 20 primeros mm (sag.) oscila entre 4 y 6. La separación entre dicotomías, en las porciones maduras del rabdosoma, varía entre 18 y más de 20 mm.

Los disepimientos son muy delgados, la mayoría de 0,04-0,05 mm y se encuentran distribuidos irregularmente entre estipes contiguos o en regiones concretas del rabdosoma (unas veces hay distancias de 3 a 5 mm sin ningún disepimiento entre estipes, y otras veces llegan a observarse concentraciones de 4 a 5 en 3 mm). Por ello su número en 10 mm varía entre 6 y 8 en la parte proximal del rabdosoma y entre 8 y 10 en sus porciones maduras. La mayor parte de los disepimientos se disponen de forma alterna y perpendicular a las estipes, aunque rara vez se observa la inserción secundaria de disepimientos o la alineación horizontal de varios de ellos entre estipes adyacentes. En el primer caso, se constata la presencia de disepimientos oblicuos que se unen a otros disepimientos perpendiculares, o bien convergen en una de sus bases de inserción; en el segundo la alineación registrada

ocurre normalmente entre 3 o 4 estipes y se produce de forma aislada, sin configurar áreas especiales del rabdosoma donde este fenómeno implique varios disepimientos sucesivos.

En la región distal de los rabdosomas adultos pueden observarse también algunos disepimientos excepcionalmente gruesos (0,16-0,27 mm) dispersos en el seno de la malla. Probablemente corresponden a fenómenos de recrecimiento cortical entre disepimientos contiguos, en fases avanzadas de la astogenia. La inserción de los disepimientos se inicia entre estipes de segundo y tercer orden, y en general estas estructuras son menos numerosas y más delicadas en la parte proximal del rabdosoma. Ello contribuye al colapso general de esta primera región, en colonias comprimidas lateralmente, de modo que la distorsión bioestratinómica impide reconocer normalmente la secuencia de producción de los primeros ordenes de dicotomías y su eventual zonalidad. Las autotecas se observan, generalmente, en las estipes más laterales de las colonias comprimidas, así como en sectores relativamente maduros del rabdosoma, donde el carácter abierto de la malla (que combina espacios amplios con finos disepimientos) facilita la torsión parcial de muchas estipes durante la compactación. En la porción distal de la colonia, las autotecas están inclinadas 40°-50° con el eje dorsal de la estipe y poseen un margen apertural netamente cóncavo, lo que confiere a la apertura un carácter denticulado. Las autotecas se presentan solapadas en la mitad de su longitud, aproximadamente. El margen ventral libre mide 0,54 a 0,57 mm en las tecas de las estipes más distales. La mala conservación de las colonias impide apreciar las bitecas, que indirectamente parecen algo abultadas, dada la sinuosidad moderada que introducen en estipes comprimidas en forma oblicuo-dorsal.

Relaciones y diferencias: *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* subsp. nov. posee un rabdosoma dendroideo pendiente, con una sícula bien destacada en su extremo proximal, la cual tiene un nema delicado e indiviso. Su morfología comparte muchos caracteres con las poblaciones estratigráficas y ecológicas diferenciadas para *Rhabdinopora flabelliformis*, razón por la cual el nuevo taxón se propone como una subespecie del mismo. El aspecto general de la colonia, ampliamente cónica con una región apical redondeada, resulta en cierto modo homeomórfico de algunas subespecies primitivas del género, como *R. flabelliformis rustica* (Bulman) o regiones proximales de *R. flabelliformis parabola* (Bulman) [= *R. flabelliformis belgica* (Bulman)]. *Rhabdinopora parabola* fue considerado por Erdtmann (1986, 1988a) como el morfotipo adulto avanzado a geróntico de *R. f. belgica*, sobre el que acreditaba además la prioridad nomenclatural. Ambas formas pertenecen a la Asociación 1 del Tremadociense basal (Cooper, 1979, 1999; Erdtmann, 1988a, 1988b; Cooper *et al.*, 1998), correspondiendo al “bioevento 2” en la biodiversificación de los graptoloideos planctónicos (Wang, 2000). Cooper *et al.* (1998) sinonimizaron recientemente con *R. f. canadensis* (Bulman) el material de Terranova atribuido previamente a *R. f. rustica* por Fortey *et al.* (1982) y Erdtmann (1988b), en tanto que el material tipo de *R. f. rustica* resultó sinonimizado provisionalmente con *R. f. flabelliformis*.

De acuerdo con su descripción original, *R. f. rustica* posee estipes más robustas y sinuosas que *R. f. acenolazai*, así como disepimientos más esporádicos e irregulares. Sin embargo, uno de los ejemplares ilustrados por Bulman (1950: lám. 5 fig. 4) difiere del resto del material tipo por sus estipes más delgadas y disepimientos menos angulares, por lo que fue adscrito con reservas a *R. f. rustica*. Esta colonia procede de una localidad diferente de Matane (Canadá) y se encuentra acompañada por *Anisograptus*, siendo por tanto, muy semejante al holotipo de *R. f. acenolazai*, no sólo morfológicamente, sino también por sus circunstancias estratigráficas. En nuestra opinión, creemos justificado asignar provisionalmente dicho ejemplar a la nueva subespecie del Famatina, en lugar de a *R. f. rustica* (*sensu lato*).

Entre las poblaciones de *R. f. parabola*, existen raros morfotipos extremos que recuerdan mucho a *R. f. acenolazai*. Tal es el caso del ejemplar ilustrado por Cooper *et al.* (1998: fig. 15k), virtualmente idéntico al holotipo de la especie argentina. Sin embargo, *R. f. parabola* es una subespecie más antigua, restringida a la biozona homónima del Tremadociense basal con anterioridad a la aparición de *Anisograptus*, un género que acompaña comúnmente a *R. f. acenolazai* en la Formación Volcancito. El citado morfotipo representa, además, una fracción mínima de las categorías morfológicas diferenciadas por Cooper *et al.* (1998) y Wang *et al.* (1998), para la subespecie *R. f. parabola*. En este sentido, el ejemplar noruego antes citado (Cooper *et al.*, 1998: fig. 15k) es un rabdosoma muy ancho, con un número de estipes relativamente bajo, que representa el 1% de la población de Digermul y que no se repite en otras poblaciones de esta subespecie (Wang *et al.*, 1998). Por el contrario, el morfotipo equivalente en *R. f. acenolazai* puede ser considerado como una forma modal y característica de dicha subespecie. De acuerdo con Cooper *et al.* (1998), la comparación taxonómica en el seno de *Rhabdinopora* debe hacerse en función del análisis cuantitativo de poblaciones o entre sus morfotipos centrales, de modo que las semejanzas observadas entre este morfotipo extremo de *R. f. parabola* (categoría 4c) y el holotipo de *R. f. acenolazai* no resultan significativas, más aún cuando ambos taxones aparecen restringidos a horizontes estratigráficos y biocronológicos muy distintos (bioeventos 2 y 3 de Wang, 2000).

Rhabdinopora flabelliformis regillum Lin (ex *Dictyonema flabelliforme regulare* Lee & Chen; non *Dictyonema regulare* Bouček) tiene un rabdosoma abierto parecido al de la subespecie del Famatina, pero se diferencia de ésta por la carencia de un contorno proximal parabólico, y discrepancias en cuanto a las dimensiones de algunos elementos de la colonia.

Rhabdinopora flabelliformis acenolazai subsp. nov. presenta también ciertas semejanzas con algunas especies de *Rhabdinopora* del Tremadoc inferior terminal, como *R. f. anglica* (Bulman) y *R. f. flabelliformis* morfotipo

“*patula*”. Ambos poseen un rabdosoma ancho, similar a *R. f. acenolazai*, pero los caracteres de sus mallas son muy diferentes.

Fuera del grupo de *Rhabdinopora flabelliformis*, la subespecie nueva tiene un aspecto bastante similar al *R. novosemelicum* Sobolevskaya, por la morfología general del rabdosoma y el carácter abierto de la malla, así como por una densidad comparable de estipes en 10 mm (8-11). Sin embargo, a diferencia del nuevo taxón aquí propuesto, la especie rusa procede de horizontes ligeramente más modernos (en su localidad tipo se encuentra asociada con *R. f. flabelliformis*, *R. f. aff. bryograptoides*, *Anisograptus* y *Clonograptus*: Sobolevskaya & Koren, 1997: fig. 1), tiene estipes más gruesas (mínimo de 0,4-0,5 mm frente a un promedio de 0,3 mm en la forma argentina) y sus dicotomías presentan una clara zonalidad (con un mínimo de 9 zonas de concentración radial de dicotomías).

Observaciones: Si consideramos las descripciones previas de graptolitos en la Formación Volcancito, *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* concuerda perfectamente con *Dictyonema* sp. b de Turner (1960) en todos sus caracteres y dimensiones. Sin embargo, en nuestro material no existen indicaciones de un posible engrosamiento del nema como el indicado por Turner (1960) para *Dictyonema* sp. b.

Dictyonema flabelliforme famatinense, difiere claramente de la especie por la distinta morfología general del rabdosoma (la relación longitud / anchura se sitúa entre 1,5 y 1,7), por sus estipes más robustas y de trazado levemente ondulado, y por el mayor número de disepimientos (con promedio de 11 en 10 mm). Aceñolaza & Durand (1984) consideraron a la forma “*famatinense*” como un sinónimo posterior de *R. f. anglica*. El material ilustrado por Aceñolaza & Durand (1983, 1984) no posee la malla amplia característica de la forma británico-escandinava (Bulman, 1927, 1954), ni tampoco concuerda enteramente con los parámetros morfológicos asignados por Turner (1960) a *D. f. famatinense*. Estos coinciden, en cambio, con los de *R. f. acenolazai*, salvo en el número de disepimientos (4-7 en 10 mm). Sin embargo, esto podría haber sido estimado por defecto, dado que tales estructuras en el material estudiado son muy delicadas y difíciles de advertir y, en todo caso, la variación en el número de disepimientos no constituye un carácter diagnóstico importante para la distinción de especies o subespecies de *Rhabdinopora* (Cooper *et al.*, 1998).

Por último, el ejemplar identificado como *Dictyonema* cf. *D. scitulum* por Aceñolaza & Durand (1983, 1984: lám. 1 fig. 9) se trata de un rabdosoma comprimido discooidalmente. Éste evidencia una morfología cónica abierta, previa a la compactación, similar a la de *R. f. acenolazai*. El auténtico *R. scitulum* (Harris & Keble) posee un rabdosoma infundibuliforme a ciatiforme de tamaño pequeño, con nema ramificado y malla compacta debido a un número elevado de disepimientos. Todo ello hace pensar

que el ejemplar del Famatina se trataría de una variante bioestratinómica de *R. f. acenolazai* o, muy probablemente también, de un graptolito bentónico indeterminado, al que recordaría por el modo de ramificación y orientación de sus estipes.

Fuera del ámbito estudiado, asignamos a *R. f. acenolazai* el material ilustrado por Moya *et al.* (1998: fig. 2.2) como *R. parabola* y por Moya *et al.* (2003d: fig. 25) como *Rhabdinopora flabelliformis*, que procede en ambos casos de la Formación Saladillo en la sección del Angosto del Moreno, oeste de la Cordillera Oriental argentina. La asignación a *R. f. parabola* fue reiterada también por Moya & Albanesi (2000) y Albanesi & Ortega (2002). Además del aparente homeomorfismo con la nueva subespecie, estos ejemplares coexisten con *Anisograptus matanensis* (¿y con *Rhabdinopora turneri*?) en la Formación Saladillo de dicha localidad y proceden, por lo tanto, de niveles bastante más modernos que los propios de *R. f. parabola* (*s. str.*).

Distribución: *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* subsp. nov. ha sido registrado en un espesor de 245 m dentro del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, en el perfil de Peña Negra. También en la parte más baja de este mismo miembro, en el perfil de puesto Volcancito. Dentro de la Cordillera Oriental, la nueva subespecie está representada muy probablemente en la sección de El Angosto del Moreno (cf. Moya *et al.*, 1998: fig. 2.2). Desde el punto de vista bioestratigráfico, la distribución de *R. f. acenolazai* abarca las biozonas de *Anisograptus matanensis* y *Rhabdinopora flabelliformis anglica* (Cooper *et al.*, 1998), representativas de la “Asociación 2” del Tremadociense inferior (Cooper, 1979, 1999; Erdtmann, 1988b; Cooper *et al.*, 1998), y a su vez consecuente al “bioevento 3” en la biodiversificación de los graptolitos planctónicos (Wang, 2000). También parece extenderse a la Biozona de *Adelograptus*? del Tremadociense superior basal. Fuera de Argentina, *R. f. acenolazai* se encuentra muy probablemente representado en horizontes de la Biozona de *Anisograptus matanensis* del Grupo Matane en Québec (Canadá: véase Bulman, 1950: lám. 5 fig. 4) y también en la parte baja de esta misma biozona en el sur de China, donde los últimos registros de un presunto “*R. f. parabola*” (Zhang *et al.*, 2004: fig. 7) claramente postdatan la aparición de *Bryograptus* y *Kiaerograptus*? en el Tremadociense superior.

Rhabdinopora flabelliformis anglica (Bulman, 1927)

Figs. 14 h-j

- * 1927 *Dictyonema flabelliforme* var. *anglica* nov.; Bulman, 28, fig. 16, lám. 1 figs. 1, 3, 5-8; lám. 2 figs. 5-8.
- 1954 *Dictyonema flabelliforme anglicum* Bulman; Bulman, 17-18, fig. 5a, lám. 4 fig. 3-5.
- v non 1984 *Dictyonema flabelliforme* (Eichwall) var. *anglica* Bulman; Aceñolaza & Durand, 261-262, lám. 1 figs. 2 y 6 (= *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* subsp. nov.).
- v 1997 *Rhabdinopora* n. sp. 3; Esteban & Gutiérrez-Marco, 61.

- 1998 *Rhabdinopora flabelliformis anglica* (Bulman); Cooper *et al.*, 16-18, figs. 6d, 19, 20 y 21e.
- v 1999 *Rhabdinopora* sp. 3; Esteban *et al.*, 219.
- v 2002 *Rhabdinopora f. anglica*; Esteban, 30.
- v 2003 *Rhabdinopora f. anglica*; Gutiérrez-Marco & Esteban, fig. 2.

Material: Diversas regiones proximales y fragmentos de rabdosomas de gran tamaño, PIL 14502-14505, procedentes del intervalo 45 a 167 m de la sección de Peña Negra. Biozona de *Rhabdinopora f. anglica* del Tremadociense inferior alto, y parte baja de la Biozona de *Adelograptus*? del Tremadociense superior basal.

Descripción: El rabdosoma presenta un perfil parabólico en las colonias juveniles, de relación longitud / anchura comprendida entre 1 y 1,5. Las dimensiones y morfología general del rabdosoma adulto se desconocen, pero los fragmentos más largos registrados alcanzan 40 mm de longitud por una anchura aparente de 45 mm, lo que sugiere que la colonia sería muy alargada, con perfil variable entre vasiforme a manifiestamente divergente.

Las estipes tienen unos contornos rectilíneos y están distanciadas por interespacios que superan en 2-3,5 veces su anchura. Por esta razón, el número de estipes es inusualmente bajo, situándose entre 5 a 6 (raras veces 7) en 10 mm. Las estipes miden 0,3-0,4 mm de anchura lateral y 0,6-0,9 mm de anchura dorso-ventral.

Los disepimientos son delgados (0,07-0,09 mm) y poco numerosos (2-4 a 3-5 en 10 mm en las regiones proximal y madura del rabdosoma, respectivamente). Su orientación general es perpendicular a ligeramente oblicua con respecto a las estipes.

Las colonias juveniles se ramifican rápidamente cerca del extremo proximal, sin generar zonas definidas de bifurcación, salvo a distancias de 6 y 14 mm de la sícula, observadas en algunos rabdosomas. En los sectores maduros de la colonia, los puntos de dicotomía aparecen distanciados a intervalos de 20 a 25 mm.

Las autotecas maduras presentan un denticulo agudo. El margen ventral está inclinado 35°-40° con el eje dorsal de la estipe en la mayor parte de su recorrido, y se incurva en la proximidad de la apertura, cuyo borde resulta ligeramente oblicuo a la dirección de crecimiento de la autoteca. El número de autotecas en 10 mm oscila entre 12 y 14.

Observaciones: El material del Famatina presenta la configuración típicamente abierta de la malla de *R. f. anglica*, una subespecie que ha sido revisada recientemente por Cooper *et al.* (1998). En particular, el bajo número de estipes y disepimientos por unidad de longitud, ha sido considerado como su carácter más distintivos frente a las restantes subespecies de *R. flabelliformis*, situándose el límite en 7 estipes en 10 mm. Los ejemplares estudiados muestran una gran variabilidad en cuanto a la morfología del rabdosoma y al espaciamiento tecal, que sin embargo entra dentro del rango establecido para *R. f. anglica* por Cooper *et al.* (1998). Nuestro material recuerda también a *Rhabdinopora hunanensis* Wang & Wang pero esta especie, descrita recientemente en la Biozona de *R. f. anglica* de China, tiene un rabdosoma declinado-pendiente muy

abierto y un desarrollo proximal aparentemente trirradiado, muy distintos a los del material examinado.

En Argentina, *R. f. anglica* podría estar representada también en los niveles con *Adelograptus* (base del Tremadociense superior) de la sección del Angosto de La Quersa, provincia de Salta (Moya *et al.*, 2003e).

Distribución: *Rhabdinopora flabelliformis anglica* (Bulman) es una forma cosmopolita que ha sido registrada en todo tipo de sucesiones de plataforma y talud continental entre el Tremadociense inferior terminal y la base del Tremadociense superior (Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999), rango que concuerda también con el de los ejemplares del Famatina.

Rhabdinopora flabelliformis socialis (Salter, 1858)

Fig. 14d-e

- * 1858 *Graptopora (Fenestella) socialis* n. sp.; Salter, 65.
- 1866 *Dictyonema sociale* (Salter); Salter, 331, lám. 4 figs. 1, 1a-c.
- 1927 *Dictyonema flabelliforme* (Eichwald) var. *sociale* (Salter); Bulman, 26-28, fig. 15, lám. 2 figs. 1, 2 (con sinonimia previa).
- 1954 *Dictyonema flabelliforme sociale* (Salter); Bulman, 27-29, fig. 10a, lám. 1 figs. 1-2.
- 1973 *Dictyonema flabelliforme* aff. *sociale* (Salter); Bulman & Rushton, 20, fig. 2k.
- vp 1984 *Dictyonema flabelliforme flabelliforme*; Aceñolaza & Durand, 272 (p.p.= ejemplares con 9-12 estipes en 10 mm).
- v 1997 *Rhabdinopora socialis* (Salter); Esteban & Gutiérrez-Marco, 60.
- 1998 *Rhabdinopora flabelliformis socialis* (Salter); Cooper *et al.*, 18.
- v 1999 *Rhabdinopora flabelliformis socialis*; Esteban *et al.*, 219.
- cf. 1999 *Rhabdinopora flabelliformis* cf. *socialis* (Salter); Tortello & Esteban, 383-385, figs. 6A-6C, 6E.
- v 2002 *Rhabdinopora f. socialis*; Esteban, 30.
- v 2003 *Rhabdinopora f. socialis*; Gutiérrez-Marco & Esteban, 40, fig. 2.

Material: Ejemplares PIL 13775-13776, intervalo de 26 a 32 m de la sección de Peña Negra, Biozona de *Anisograptus matanensis*. Fragmentos de grandes rabdosomas encontrados en la parte inferior de la sección de río Volcancito (PIL 13777-13779) podrían pertenecer tanto a la subespecie como a morfotipos vasiformes de *R. f. flabelliformis*.

Descripción: El rabdosoma es alargado, con un predominio de los morfotipos 2a y 3a según las categorías de Cooper *et al.* (1998: fig. 11), y alcanza una longitud de más de 110 mm (reconstruida a partir de fragmentos). La relación longitud / anchura varía aproximadamente entre 1,2 y 1,7, a 50 mm del extremo proximal.

En nuestra colección no hay ningún resto proximal del rabdosoma que pueda ser asignado con seguridad a la especie; los

fragmentos más próximos a esta región muestran una concentración de dicotomías en la parte cónica inicial, con zonas incipientes de ramificación situadas aproximadamente a 3-4 mm, 10-13 mm y 14-19 mm, definidas por la existencia de 4-6 dicotomías observables al mismo nivel en el rabdosoma. En el resto de las porciones maduras y gerónticas de las colonias, las dicotomías son raras y se presentan de forma dispersa.

Las estipes en vista dorsal son delgadas y prácticamente rectilíneas: las principales irregularidades de su recorrido vienen inducidas por las bases espesadas de inserción de los disepimientos. La anchura lateral de las estipes varía entre 0,20-0,25 mm, y los interespacios que las separan son levemente más anchos. Este carácter, unido a la existencia de disepimientos muy finos, confiere a la malla su aspecto denso y delicado característico. El número de estipes en 10 mm varía de 11 a 13, contabilizándose 12 en los casos más habituales.

Los disepimientos son delgados (0,07-0,09 mm) y numerosos (8 a 10, como máximo 15), y en su mayoría se orientan perpendiculares al eje de las estipes, presentándose espesados en sus puntos de unión con aquellas. A lo largo de un mismo rabdosoma se registran numerosas irregularidades en cuanto al espaciamiento y orientación de los disepimientos, que llegan a disponerse oblicuos, presentar anastomosis o espesamientos corticales, o incluso alineaciones horizontales entre 3-6 estipes adyacentes.

Las autotecas se reconocen raramente, debido al carácter “cerrado” de la malla, aunque algunos vestigios de autotecas conservados en una estipe lateral del ejemplar PIL 13775 permiten estimar su número en torno a 15 en 10 mm (5 en 3 mm), en un sector situado a menos de 20 mm del extremo proximal. La anchura dorso-ventral de la estipe, medida en este mismo punto, es de 0,63 mm. Las autotecas son denticuladas por la presencia de un margen apertural orientado oblicuamente; sus paredes ventrales se solapan aproximadamente en algo más de la mitad de su longitud, y la inclinación del sector ventral libre varía entre 30° y 35°.

Observaciones: *Rhabdinopora flabelliformis socialis* es una de las formas más difundidas en la parte media del Tremadociense inferior, donde es considerada como una subespecie ecofenotípica que se dispersa rápidamente en las secuencias de plataforma y talud superior, para ser luego reemplazada por *R. f. flabelliformis* (Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999). En Sudamérica, *R. f. socialis* fue identificada con reservas por Turner (1960: 35) en la Cordillera Oriental, y mencionada más tarde por Moya *et al.* (1994) en la misma región (Formación Saladillo) en niveles correlacionables con los del Famatina (Asociación Graptolítica IV de estos últimos autores). El presente estudio confirma la presencia de este taxón en Sudamérica. Los caracteres más distintivos de nuestro material son el número elevado de estipes en 10 mm y la gran densidad de disepimientos, que concuerdan con los rasgos diagnósticos de la subespecie, revisados por Cooper *et al.* (1998). Sin embargo, los ejemplares estudiados son demasiado fragmentarios como para poder compararlos con las variantes morfotípicas de la subespecie descritas por Legrand (1973) en el norte de África. No obstante, todas ellas parecen diferir del material

famatinense por la presencia de un número considerablemente inferior de disepimentos.

Distribución: *Rhabdinopora flabelliformis socialis* es una forma cosmopolita, cuyo registro se extiende entre las biozonas de *R. f. parabola* y de *A. matanensis*. En la Formación Volcancito, la subespecie aparece en un corto intervalo estratigráfico del Miembro Peña Negra de la unidad, dentro de la Biozona de *A. matanensis*, pero su representación podría iniciarse ya a partir de la parte alta del Miembro Filo Azul (Tortello & Esteban, 1999).

Rhabdinopora flabelliformis bryograptoides (Bulman, 1954)?

Fig. 7b

- ?cf. 1954 *Dictyonema flabelliforme bryograptoides* var. nov.; Bulman, 18-19, figs. 5b, 5c; lám. 4 figs. 6-7.
p? 1984 *Bryograptus* sp.; Aceñolaza & Durand, 273-274, lám. 1 fig. 13.
v 2003 *Rhabdinopora f. bryograptoides*; Gutiérrez-Marco & Esteban, fig. 2.

Material: Una región proximal de radosoma PIL 14823, procedente del horizonte de 105 m en la sección de Peña Negra, Miembro medio de la Formación Volcancito. Biozona de *Rhabdinopora flabelliformis anglica*, parte alta del Tremadociense inferior.

Descripción: La única colonia estudiada se reduce a una parte proximal de aproximadamente 5 mm de longitud y 6,5 mm de anchura, con seis estipes terminales. La colonia tiene un aspecto birradiado y simétrico bilateralmente, con las primeras bifurcaciones de estipes situadas a 1,35 y 1,57 mm del extremo proximal, y una segunda división a 2,56 mm de las anteriores que afecta a las dos estipes más internas.

Las estipes tienen una anchura dorsal de 0,36-0,4 mm y una anchura dorsoventral de 0,63 mm. Los interespacios que las separaran son considerablemente más anchos (0,81-1,3 mm), y existen indicios de la presencia de un disepimento localizado a 2 mm del extremo proximal de la colonia, entre las dos ramas surgidas de la primera bifurcación antes citada. Las tecas, visibles sobre ambas estipes marginales, tienen un aspecto normal denticulado y aparecen en número de 18,8 en 10 mm.

Observaciones: El material estudiado es muy parecido al ejemplar de "*Bryograptus* sp." identificado en la Formación Volcancito por Aceñolaza & Durand (1984: lám. 1 fig. 13), que sin embargo muestra 8 estipes terminales por la presencia de sendas dicotomías adicionales en las ramas marginales del radosoma. Tanto este ejemplar como el aquí descrito, presentan claras diferencias con las colonias juveniles de las restantes subespecies de *Rhabdinopora flabelliformis* caracterizadas en el Famatina, particularmente por la ausencia de disepimentos proximales y por la enorme separación entre las estipes. Ambos caracteres permiten relacionarlos con *Rhabdinopora flabelliformis bryograptoides*, que sin embargo presenta las primeras dicotomías más alejadas de la sícula, un ancho de estipes

levemente inferior (menor de 0,5 mm) y tecas menos numerosas (12?-13 en 10 mm). Estos rasgos se refieren al material tipo de la subespecie (Bulman, 1954), si bien los ejemplares identificados posteriormente como *Dictyonema flabelliforme* cf. *bryograptoides* por Bulman & Rushton (1973: figs. 3a-3b) tienen las dos primeras bifurcaciones más cerca del extremo proximal del radosoma, como es el caso del material estudiado, y recuerdan también a los ejemplares de *Dictyonema flabelliforme* cf. *anglicum* y *D. flabelliforme* aff. *belgicum* de estos mismos autores (Bulman & Rushton, 1973: figs. 3c y 3f). Todos ellos fueron encontrados en un mismo tramo estratigráfico dentro del sondeo Deanshanger, y deben de corresponder a *R. f. bryograptoides*, a *R. f. anglica*, o bien a un trasiente entre ambas formas. La misma deducción puede aplicarse a los dos únicos ejemplares famatinenses identificados aquí como *R. f. bryograptoides*?, que en todo caso se adscriben a la transición evolutiva entre *R. f. anglica* y *R. f. bryograptoides* postulada por diversos autores (Cooper *et al.*, 1998), que pudo concluir con la aparición de *Bryograptus* (véase Bulman, 1954).

Rhabdinopora flabelliformis famatinensis (Turner, 1960)

- ? 1960 *Dictyonema flabelliforme* (Eichwald) var. *famatinense* nov.; Turner, 36-38, lám. 1 fig. 2 [= *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald)?].
?non (1975) *Dictyonema flabelliforme* (Eichwald) var. *famatinense* nov. Turner; Toselli, 150-151, lám. 4 fig. 2 (= *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* subsp. nov.).
1982a *Dictyonema famatinense*; Erdtmann, 9.
1982b *Rhabdinopora flabelliformis famatinensis* (Turner); Erdtmann, 129.
p 1996 *Rhabdinopora flabelliforme* (Eichwald); Tortello *et al.*, 128-129, lám. 10.2 fig. 2 [= holotipo de *R. f. famatinensis* (Turner)].

Holotipo: Radosoma n° 5403, figurado por Turner (1960: lám. 1 fig. 2) y depositado originalmente en el Departamento de Geología de la Universidad de Buenos Aires.

Observaciones y discusión: Al igual que en otra importante revisión previa de los graptolitos tremadocienses del Famatina (Aceñolaza & Durand, 1983, 1984), en el presente trabajo tampoco se ha logrado identificar la subespecie propuesta por Turner (1960), aparentemente endémica de la Formación Volcancito.

Desde su descripción original, *R. f. famatinensis* ha sido citada en algunos listados taxonómicos (por ejemplo, Erdtmann, 1982a y b) sin añadir nuevos ejemplares que confirmasen la variabilidad y rango de la subespecie. Tan sólo Toselli (1975) relacionó con *D. f. famatinense* un ejemplar que, en nuestra opinión, no tiene nada que ver

con la forma nominal, y que pertenece muy probablemente a *R. f. acenolazai* subsp. nov.

Aceñolaza & Durand (1984) consideraron a la subespecie "*famatinense*" como un sinónimo posterior de *R. f. anglica*, pero su argumentación carece de significado a la luz de los modernos criterios taxonómicos aplicados al género *Rhabdinopora* (ver también apartado de Observaciones a *R. f. acenolazai*). Es posible que este mismo criterio sea mantenido por Albanesi & Ortega (2002), quienes citan la sola presencia de *R. f. anglica* entre los ejemplares estudiados por Bodenbender (1916) y Turner (1960) en la sección del río Volcancito.

La revisión emprendida para el presente trabajo permite considerar que en la descripción original de *R. f. famatinensis* podrían haberse mezclado caracteres diagnósticos de varias especies del género *Rhabdinopora*. También que el holotipo de *R. f. famatinensis* recuerda mucho por su morfología a la de un radosoma de *R. f. flabelliformis* del antiguo morfotipo "*patula*", lo cual se discute en el apartado de Observaciones a esta subespecie.

Al ser *R. f. famatinensis* un taxón irreconocible en la práctica, pese a haber sido descrito en forma plenamente válida (con descripción y figura del material tipo), en este trabajo se sugiere restringir el taxón a su holotipo (Turner, 1960: lám. 1 fig. 2), al menos hasta que una revisión directa del mismo permita resolver si se trata de un sinónimo posterior de *R. f. flabelliformis* o bien corresponde a una subespecie independiente.

Rhabdinopora turneri sp. nov.

Figs. 6a-h, 15d-i

- v 1997 *Rhabdinopora* n. sp. 2; Esteban & Gutiérrez-Marco, 61.
- ? 1998 *Rhabdinopora flabelliformis* cf. *R. f. socialis* (Salter); Moya *et al.*, 230, fig. 2.1.
- v 1999 *Rhabdinopora* n. sp. 2; Esteban *et al.*, 219.
- ? 2000 *R. flabelliformis* cf. *R. f. socialis* (Salter); Moya & Albanesi, 115.
- ?p 2003d *Rhabdinopora flabelliformis* ssp.; Moya *et al.*, fig. 22g.
- v 2003 *Rhabdinopora turneri* n.n.; Gutiérrez-Marco & Esteban, 40, figs. 2 y 3a-b.

Holotipo: Radosoma juvenil, PIL 14491a, depositado en la colección de paleoinvertebrados Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (Argentina), e ilustrado en la Fig. 6a y 15h (borde inferior derecho).

Localidad tipo: Peña Negra, en la margen derecha del río Achavil, 72 km al oeste de la población de Famatina (La Rioja, Argentina).

Estrato tipo: Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, horizonte situado 9 m por encima de la base del perfil Peña Negra. Tremadociense inferior, Biozona de *Anisograptus matanensis*.

Derivación del nombre: En memoria del Acad. Prof. Dr. Juan

Carlos Manuel Turner (1918-1979), eminente geólogo y paleontólogo argentino, quien describió por vez primera los graptolitos de la Formación Volcancito.

Paratipos: Abundantes radosomas comprimidos, pero en buen estado de preservación, procedentes de la Biozona de *Anisograptus matanensis* de la sección de Peña Negra (ejemplares PIL 14489-14494), y de la Biozona de *Rhabdinopora flabelliformis anglica* a la de *Adelograptus*? en este mismo perfil (ejemplares PIL 14495-14501).

Diagnosis: Radosoma pequeño, compacto y marcadamente pendiente, de longitud generalmente inferior a 20 mm. Disepimientos muy escasos y extremadamente finos (0,045-0,090 mm). Estipes de 0,5 a 0,6 mm de anchura lateral, ligeramente flexuosos, en número de 10 en 10 mm. Nema de gran longitud, con extremo rara vez subdividido y tendencia a unirse en sinradosomas.

Small, compact and strongly pendent rhabdosome, usually less than 20 mm in length. Dissepiments very sparse and very thin (0.045-0.090 mm). About 10 stipes in 10 mm, slightly flexuous, 0.5-0.6 mm in lateral width. Long nema, commonly undivided and with tendency to form synrhabdosomes.

Descripción: Radosoma pequeño, con una longitud máxima en torno a 20 mm, y morfología variable cuando se conserva comprimido lateralmente (categorías 2a a 3a de Cooper *et al.*, 1998). El contorno original debe ser parabólico amplio, con una relación longitud / anchura de aproximadamente 0,8 y estipes laterales ligeramente convexas. Sin embargo, el caso más frecuente de conservación, en radosomas que superen los 10 mm de longitud axial, implica relaciones longitud / anchura de alrededor de 2-2,2 y morfologías cónicas relativamente agudas, con perfil lateral convexo. La anchura máxima del radosoma se logra, por tanto, antes de alcanzar el extremo distal de la colonia. Previamente a éste, el radosoma se expande con un ángulo que oscila entre 25°-40°, y con posterioridad las estipes laterales se curvan ventralmente llegando a tomar una orientación convergente. Sólo en raras ocasiones, la distorsión del radosoma conduce a formas de perfiles cóncavos distalmente.

La colonia se inicia a partir de una sícula delgada, muy notoria y de aproximadamente 1 mm de longitud, provista de un rutelo (*rutellum*) muy marcado. La sícula se prolonga en un nema delicado (anchura: 0,05-0,07 mm) que alcanza gran longitud (6,5 mm). En ocasiones se han conservado lo que podrían ser varios nemas unidos de diferentes colonias, tal vez vestigio de un sinradosoma (Fig. 6h). El ápice de la sícula de otro radosoma aislado se prolonga en una estructura nemática de 2,29 mm de longitud y 0,36 mm de anchura que parece aglutinar varias fibras (Fig. 6d), aunque posiblemente se trate de un caso patológico.

Los radosomas comprimidos muestran, en la región proximal, dicotomías espaciadas por dos o tres autotecas unicalicales, seguidas por una concentración irregular de ramificaciones a cierta distancia de la sícula. Las partes maduras de la colonia contrastan, por su mayor densidad de estipes, frente a la porción proximal.

Los disepimientos son muy delgados (0,045-0,090 mm) y se distribuyen muy irregularmente en el radosoma, comenzando su inserción a partir de las dicotomías de segundo a cuarto or-

den. Por lo general se orientan perpendiculares a las estipes y con un trazado rectilíneo. Raras veces se observan disepimientos aislados, oblicuos o anastomosados (dos consecutivos) en un mismo punto de inserción. El número de disepimientos en 10 mm es poco significativo, dado su carácter esporádico, pero a veces se observan 3 o 4 disepimientos sucesivos en una porción determinada de la colonia.

Las estipes miden 0,25-0,36 mm de anchura en vista dorsal y 0,5-0,6 mm en vista lateral. En la región madura del rhabdosoma, el número de estipes es de alrededor de 10 en 10 mm.

Las autotecas son denticuladas en perfil lateral; están inclinadas 30° a 40° con respecto al eje de la estipe, y su número varía entre 13 y 15 en 10 mm.

Relaciones y diferencias: *Rhabdinopora turneri* sp. nov. tiene un aspecto muy próximo a la forma del Ordovícico

basal *R. praeparabola* Erdtmann, a la que recuerda por el pequeño tamaño de un rhabdosoma fuertemente pendiente, con estipes flexuosas y de “aspecto denso”, debido a la ausencia generalizada de disepimientos (Erdtmann, 1982b, 1988b; Landing, 1993; Cooper *et al.*, 1998). Sin embargo, la especie argentina tiene un número más elevado y regular de disepimientos, y estipes ligeramente más robustas (0,5-0,6 mm, frente a 0,3-0,4 mm de anchura lateral en *R. praeparabola*), aparte de provenir de niveles estratigráficos muy diferentes. *Rhabdinopora? taojiangensis* (Jin & Wang) se diferencia de *R. turneri* sp. nov. por los mismos caracteres citados para *R. praeparabola*, de la que constituye un más que probable sinónimo prioritario y a cuya biozona reemplaza en las secciones chinas (véase Jin & Wang, 1977, Wang & Wang, 2001). No obstante, Zhang

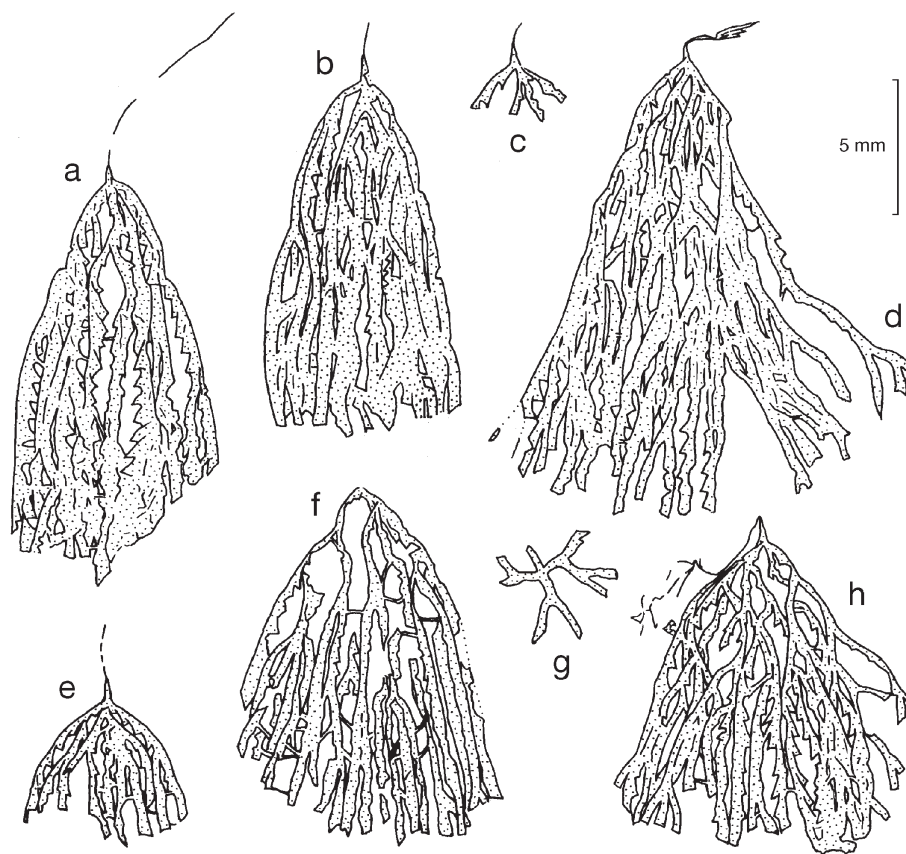


Figura 6. *Rhabdinopora turneri* sp. nov. **a**, Holotipo, PIL 14491a. **b**, Paratipo PIL 14491b asociado al anterior (= Fig. 15h). **c**, colonia en estado inicial, PIL 14501a. **d**, rhabdosoma con nema aparentemente dividido y estipes distorsionadas durante la compactación, PIL 14489a. **e**, rhabdosoma joven de perfil parabólico, PIL 14491c. **f**, PIL 14491d. **g**, vista discoide de un estado de desarrollo inicial, mostrando cuatro estipes primarias, PIL 14501b. **h**, rhabdosoma con estipes flexuosas por distorsión tafonómica, y nema entrelazado con los de otras colonias. Todos de la sección de Peña Negra, horizontes de 4 y 9 m por encima de la base del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito).

Rhabdinopora turneri sp. nov. **a**, Holotype, PIL 14491a. **b**, Paratype PIL 14491b from the same slab (= Fig. 15h). **c**, developmental stage PIL 14501a. **d**, rhabdosome with an apparently divided nema and distorted stipes, PIL 14489a. **e**, young rhabdosome with parabolic outline, PIL 14491c. **f**, PIL 14491d. **g**, developmental stage in discoidal view, PIL 14501b. **h**, distorted specimen, showing loose flexuous stipes and tangled nema, probably from a synrhabdosome of the species. All from the horizons of 4 and 9 m above the base of the Peña Negra Member of the Volcancito Formation at Peña Negra.

& Erdtmann (2004: 157-158) expresan dudas sobre la sinonimia entre *R.?* *taojiangensis* y *R. parabola*, aludiendo a que su material tipo pueda proceder de niveles enclavados en la parte superior de la Biozona de *R. f. parabola* o en la parte baja de la de *A. matanensis*, si bien optan tentativa y contradictoriamente por caracterizar una Biozona de *R.?* *taojiangensis* como previa al primer registro de *R. praeparabola* y *R. f. parabola* en China (véase Zhang & Erdtmann, 2004: figs. 5, 7 y 9).

Rhabdinopora enigma, del Lancefieldiense 1 de Australia y Terranova (Cooper & Stewart, 1979; Erdtmann & Botsford, 1986), se caracteriza por colonias compactas con nema delgado y dividido, cuyo aspecto recuerda a las formas juveniles de *R. turneri* sp. nov. No obstante, la constitución del rabdosoma es muy diferente a la de la especie argentina, por la ausencia de disepimientos, las autotecas espinosas y el rabdosoma diminuto (longitud inferior a 11 mm), distintos a los de la forma argentina.

Observaciones: La presencia de un nema tan elongado en *R. turneri* sp. nov. parece vinculada con su tendencia a agruparse en sinrabdosomas. En las muestras PIL 14490 y 14491 (parte inferior de la Biozona de *Anisograptus matanensis* de Peña Negra) se observan tres de estas posibles estructuras, formadas por 5 a 7 colonias que tienden a orientarse radialmente, con sus extremos proximales convergentes hacia una región central, donde existe una compleja superposición de nemas entrelazados. También el ejemplar PIL 14489b podría conservar retazos de cuatro nemas, unidos entre sí por sus extremos distales, pertenecientes a otras tantas colonias (Fig. 6h). La formación de sinrabdosomas en *Rhabdinopora* ha sido acreditada en escasos representantes del género (Gutiérrez-Marco & Lenz, 1998, con referencias), y por ello reviste cierto interés.

Los rabdosomas de mayor tamaño de *Rhabdinopora turneri* sp. nov. se presentan frecuentemente colapsados, debido a la escasez de disepimientos, que no oponen obstáculo a la torsión de las estipes durante la compactación. En estas circunstancias, las estipes adquieren un aspecto flexuoso, y el perfil del rabdosoma llega incluso a volverse cóncavo distalmente. En ese sentido, un ejemplar identificado como *R. flabelliformis* cf. *socialis* por Moya et al. (1998: fig. 2.1), de la Biozona de *A. matanensis* del oeste de la Cordillera Oriental argentina, tiene un aspecto muy semejante al de *R. turneri* sp. nov., con el que podría estar relacionado, además de un segundo ejemplar de la misma procedencia e identificado como *Rhabdinopora flabelliformis* ssp. (Moya et al., 2003d: fig. 22g). Otro factor de semejanza para el primer caso es su concurrencia en niveles comunes a los de *R. f. acenolazai* subsp. nov., que a su vez resultarían inusualmente elevados para el auténtico *R. f. socialis*.

Por último, *Rhabdinopora turneri* sp. nov. recuerda a algunos rabdosomas identificados como *Rhabdinopora flabelliformis* subsp. cf. *R. f. anglica* en un olistolito aislado

en el este de Pennsylvania (EE.UU.: Ganis et al., 2001: figs. 6E-F, 6J-M). Éstos se caracterizan por sus escasos a imperceptibles disepimientos, excepcionalmente delgados, y un bajo ángulo de inclinación de las autotecas. También por la presencia de un nema largo, que en una de las colonias termina en un nematulario contorsionado. Pese a que las circunstancias estratigráficas del hallazgo norteamericano no están totalmente claras, su asociación con *Anisograptus matanensis* apoya su contemporaneidad con la forma del Famatina, si bien la sinonimización completa entre ambos taxones requiere el hallazgo de mejores ejemplares en la localidad estadounidense.

Distribución: El registro de *Rhabdinopora turneri* sp. nov. se restringe, por el momento, a las biozonas de *Anisograptus matanensis*, *Rhabdinopora flabelliformis anglica* y *Adelograptus?* en el Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito (Sistema de Famatina, Argentina). La nueva especie podría estar igualmente representada en la Biozona de *A. matanensis* de la sección del Angosto del Moreno [Cordillera Oriental jujeña: véase Moya et al., (1998: fig. 2.1), Moya & Albanesi (2000) y Moya et al. (2003d: fig. 22g)], donde se registran colonias de *Rhabdinopora* con largos nemas y escasos disepimientos.

Rhabdinopora cf. *enigma* (Cooper & Stewart, 1979)

Fig. 7a

- cf. 1979 *Dictyonema?* *enigma* sp. nov.; Cooper & Stewart, 778-779, figs. 3d, h-j; lám. 103 figs. 8, 12-13.
v 2003 *Rhabdinopora* cf. *enigma*; Gutiérrez-Marco & Esteban, fig. 2.

Material: un único rabdosoma PIL 14825 procedente del horizonte de 26,5 m en el Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito en la sección de Peña Negra. Biozona de *Anisograptus matanensis* del Tremadociense inferior.

Descripción: Rabdosoma compacto, de 7 mm de longitud por 7,7 mm de anchura y perfil parabólico. Ramificaciones concentradas en torno al extremo proximal, y espaciadas distalmente (a 5 mm de la sícula), con un mínimo de 13 estipes terminales de unos 0,4 mm de anchura lateral.

La sícula mide 1,1 mm de longitud y es cuneiforme. No se observaron autotecas y falta cualquier evidencia de disepimientos.

Observaciones: El rabdosoma estudiado, pequeño, compacto y sin disepimientos, tiene un aspecto enteramente comparable a la especie *Rhabdinopora enigma* descrita en el Lancefieldiense 1 (1a) del sur de Australia y en niveles comparables del oeste de Terranova, Canadá (Cooper & Stewart, 1979; Erdtmann & Botsford, 1986). Ambos registros concordarían con la Biozona de *Anisograptus matanensis*, donde la especie podría estar representada también en Famatina (Fig. 2). No obstante, el hecho de disponer de un sólo ejemplar en el que no pueden adver-

tirse otros caracteres diagnósticos como el espaciamiento y la espinosidad tecal, así como la subdivisión del nema, aconseja identificar el material en nomenclatura abierta hasta el hallazgo de nuevos ejemplares.

R. enigma ha sido relacionado con una posible forma de transición (pedomórfica) entre *Rhabdinopora* y *Bryograptus*, así como con estadios de desarrollo juveniles de *R. scitulum* (Harris & Keble), con mayor probabilidad hacia la primera hipótesis (Erdtmann & Botsford, 1986). La presencia de “*Dictyonema*” cf. *scitulum* en la Formación Volcancito fue sugerida por Aceñolaza & Durand (1984: lám. 1 fig. 9), pero el ejemplar ilustrado por estos autores podría corresponder a una forma preservada discoidalmente tanto de *R. flabelliformis acenolazai*, como de un dendroideo bentónico. Por ello, descartamos que exista cualquier relación entre el registro de *R. cf. enigma* y la presencia de *R. scitulum* en la sucesión del Famatina, dado que esta última tampoco ha sido acreditada.

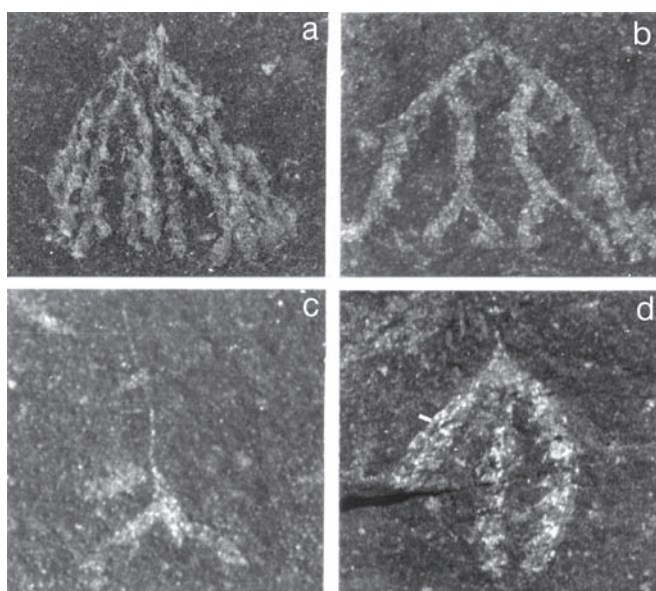


Figura 7. **a.** *Rhabdinopora* cf. *enigma* (Cooper & Stewart, 1979). Peña Negra, horizonte de 26,5 m, PIL 14825 (x 4,5). **b.** *Rhabdinopora flabelliformis* ?*bryograptoides* (Bulman, 1954). Peña Negra, horizonte de 105 m, PIL 14823 (x 5,5). **c.** “*Adelograptus*” sp. Peña Negra, base de la sección, PIL 14826 (x 10). **d.** *Bryograptus* sp. Río Volcancito, ejemplar encontrado suelto hacia la parte baja del Miembro Peña Negra, PIL 14824 (x 6,5).

a. *Rhabdinopora* cf. *enigma* (Cooper & Stewart, 1979). Peña Negra, horizon of 26.5 m, PIL 14825 (x 4.5). **b.** *Rhabdinopora flabelliformis* ?*bryograptoides* (Bulman, 1954). Peña Negra, horizon of 105 m, PIL 14823 (x 5.5). **c.** “*Adelograptus*” sp. Peña Negra, base of section, PIL 14826 (x 10). **d.** *Bryograptus* sp. Río Volcancito, float specimen from lower part of the Peña Negra Member of the Volcancito Formation, PIL 14824 (x 6.5).

Género *Anisograptus* Ruedemann, 1937

Especie tipo: *Anisograptus matanensis* Ruedemann, 1937, por designación original.

Anisograptus matanensis Ruedemann, 1937

Figs. 8a-f, 16a-e

- 1916 *Staurograptus dichotomous* Emmons; Bodenbender, 142.
- * 1937 *Anisograptus matanensis* n. sp.; Ruedemann, 62, figs. 6-9.
- 1957 *Anisograptus* sp. cf. *A. flexuosus* Bulman; Turner en Harrington & Leanza, 15, 24 y 26.
- . 1957 *Anisograptus* sp. cf. *A. richardsoni* Bulman; Turner en Harrington & Leanza, 15, 24 y 26.
- . 1960 *Anisograptus* cf. *richardsoni* Bulman; Turner, 48-49, lám. 3 fig. 2.
- 1960 *Anisograptus* cf. *flexuosus* Bulman; Turner, 49-50, lám. 3 fig. 1.
- .v p (1975) *Anisograptus* cf. *richardsoni* Bulman; Toselli, 154-155, lám. 4 fig. 3 (*non* lám. 4 fig. 11 = *Rhabdinopora*? sp.).
- .v (1975) *Clonograptus* sp.; Toselli, 155-156, lám. 4 fig. 6.
- .v 1984 *Clonograptus* sp.; Aceñolaza & Durand, 271, lám. 1 fig. 12.
- .v 1984 *Anisograptus* cf. *A. flexuosus*; Aceñolaza & Durand, 273, lám. 1, fig. 11.
- . 1996 *Anisograptus* cf. *richardsoni* Bulman; Tortello *et al.*, 128, lám. 10.2 fig. 6.
- 1996 *Anisograptus* cf. *flexuosus* Bulman; Tortello *et al.*, 128, lám. 10.2 fig. 1.
- .v 1997 *Anisograptus richardsoni* Bulman; Esteban & Gutiérrez-Marco, 61.
- .v 1997 *Anisograptus flexuosus* Bulman; Esteban & Gutiérrez-Marco, 61.
- 1998 *Anisograptus* sp.; Moya *et al.*, 230, fig. 2.3.
- . 1998 *Anisograptus richardsoni* Bulman; Moya *et al.*, 230, fig. 2.4.
- . 1998 *Anisograptus matanensis* Ruedemann; Cooper *et al.*, 28-30, fig. 21b-d, 24, 25k-m. (con sinonimia esencial de la especie).
- .v 1999 *Anisograptus richardsoni* Bulman; Esteban *et al.*, 219.
- .v 1999 *Anisograptus flexuosus* Bulman; Esteban *et al.*, 219.
- ? 2002 *Anisograptus*; Rubiolo *et al.*, 359.
- . 2003a *Anisograptus matanensis* Ruedemann; Moya *et al.*, 109.
- . 2003 *Anisograptus matanensis*; Buatois *et al.*, 400.
- . 2003b *Anisograptus matanensis*; Moya *et al.*, 443.
- .v 2003 *Anisograptus matanensis* Ruedemann; Gutiérrez-Marco & Esteban, 40, figs. 2, 3c y 3h.
- . 2003d *Anisograptus matanensis* Ruedemann; Moya *et al.*, 32, figs. 22 b, d, e-f, h y fig. 26 (ejemplares de la Fm. Saladillo).

Material: Restos de tres rabdosomas adultos y numerosas colonias jóvenes, PIL 11425, 13174, 14511-14513 y 14802-14811, procedentes del intervalo de 4 a 110 m en la sección de Peña

Negra. Biozonas de *Anisograptus matanensis* y *Rhabdinopora f. anglica* del Tremadociense inferior alto.

Descripción: El rabdosoma es horizontal y suele presentarse aplastado dorsoventralmente; su diámetro máximo es de 35 mm en el material estudiado, donde predominan las colonias jóvenes, de diámetro comprendido entre 12 y 16 mm.

El desarrollo proximal es trirradiado, con tres estipes primarias divergentes entre sí a 120° (vista apical) en los ejemplares mejor conservados. El número de autotecas presentes en las estipes primarias 2 y 3 varía entre una y dos, dependiendo del ejemplar considerado. La estipe 1 es aún más corta. Por causa de su orientación bioestratinómica, la posición de la sícula suele indicarse como mucho por un abultamiento o muesca en la porción central del rabdosoma, pero en un ejemplar donde ésta se conserva parcialmente aplastada de modo lateral, la sícula mide al menos 1 mm de longitud y se prolonga en un nema de aproximadamente 1,2 mm.

Dentro de una misma colonia, las estipes se ramifican de un modo dicotómico a intervalos progresivamente más amplios (son más largas conforme avanza su orden de división), pero existe una gran variabilidad intraespecífica entre el número y posición concreta de las dicotomías, por lo cual la longitud de una estipe de un orden determinado suele ser diferente para rabdosomas distintos. Las colonias más grandes registradas en la Formación Volcancito alcanzan al menos cinco órdenes de división dicotómica, pero el último de ellos se genera de un modo irregular, por lo que el número total de estipes terminales (de cuarto o quinto orden) oscila entre 27 y 30 como máximo. En vista dorsal, las estipes son bastante rígidas y de trazado rectilíneo, pero en ejemplares concretos muchas de las estipes generadas a partir del tercer orden de división pueden incurvarse convergentemente en la primera mitad de su recorrido, con tendencia a volverse paralelas antes de generar una nueva dicotomía. Ello armoniza la divergencia entre las estipes terminales y equilibra el rabdosoma mediante un distanciamiento proporcional entre las mismas.

Las estipes miden 0,3-0,4 mm de anchura lateral y 0,6-0,7 mm de anchura dorsoventral. Las autotecas suelen presentarse inclinadas entre 20 y 30 grados en estipes comprimidas lateralmente, y su número oscila entre 9,5-12 autotecas en 10 mm.

Observaciones: Los representantes de *Anisograptus* en la Formación Volcancito exhiben caracteres intermedios entre las “especies” *A. richardsoni* Bulman (de la que difieren estrictamente por un menor número de ramificaciones y de estipes terminales), *A. flexuosus* Bulman (aunque con rabdosomas más simétricos y bifurcaciones menos irregulares que en ésta), *A. matanensis* Ruedemann *sensu* Bulman (pero con mayor proximidad entre las dicotomías de segundo a cuarto orden en los ejemplares de Famatina) y *A. norvegicus* Bulman (con estipes terminales menos numerosas que en material argentino). En cierto sentido, el material estudiado podría compararse preferiblemente con las “formas anormales” de *A. matanensis* descritas por Bulman (1950: fig. 4b y lám. 7 fig.1), que según este autor se caracterizarían por unas estipes de primer orden de longitud comparable, con las restantes bifurcaciones

bastante próximas y distribuidas con cierta regularidad. La misma incertidumbre en cuanto a la asignación específica de ejemplares de *Anisograptus* obtenidos en la Formación Volcancito fue expresada por Turner (1960), Toselli (1975) y autores posteriores, con referencia a *A. flexuosus* y *A. richardsoni*.

El trabajo de revisión llevado a cabo por Cooper *et al.* (1998) ha permitido despejar todas estas incógnitas, al establecer la variabilidad intraespecífica de *Anisograptus matanensis* (*sensu stricto*), y resolver que formas tales como *A. richardsoni*, *A. flexuosus*, *A. matanensis tetragraptoides*, *A. norvegicus* y, posiblemente también *A. grandis*, *A. ruedemanni* y *Didymograptus primigenius*, definidas en distintos trabajos de Bulman (1941, 1950, 1954), no son más que morfotipos variados de *A. matanensis* Ruedemann, que retendría la prioridad nomenclatural. Además de éstos, Erdtmann & Comeau (1980) citan a *Anisograptus communis* Tzaj, “*?Clonograptus*” *heres* Westergård y a “*?Bryograptus*” *retroflexus* Brögger, como posibles sinónimos de *A. richardsoni* o de *A. flexuosus* (= *A. matanensis fide* Cooper *et al.*, 1998). En el mismo trabajo, Erdtmann & Comeau (1980) sinonimizan el material de Famatina descrito por Turner (1960) como *A. cf. richardsoni* enteramente con dicha “especie” (= *A. matanensis auct.*), si bien su propio material del taxón mencionado, procedente de Nevada central, es atribuido en un trabajo posterior con dudas a *A. compactus* Cooper & Stewart (ver Erdtmann & Bostford, 1986: 771).

El registro en la Formación Volcancito de formas tra-sientes entre algunas de las “especies” o variedades morfotípicas o bioestratinómicas más difundidas del mismo y único taxón *A. matanensis*, documenta una vez más la variabilidad de dicha especie, de acuerdo con la revisión llevada a cabo por Cooper *et al.* (1998). En el presente trabajo se sinonimizan también, con *A. matanensis*, los rabdosomas horizontales de “ramificación regular” que habían sido identificados como *Clonograptus* sp. por Toselli (1975) y Aceñolaza & Durand (1983, 1984). El más notorio de estos ejemplares (reproducido aquí en la Fig. 8a) es una forma claramente trirradiada de *A. matanensis*.

Finalmente, Aceñolaza & Durand (1984: lám. 1 fig. 8, redibujado de Toselli, 1975: lám. 4 fig. 11) ilustran una porción proximal atribuida a *Anisograptus* sp. que es enteramente cuadrirradiada, y en consecuencia debe de corresponder a un estado inicial de desarrollo de *Rhabdinopora* sp., preservado discoidalmente.

Distribución: *Anisograptus matanensis* es una especie cosmopolita cuyo rango se extiende entre la base de la biozona homónima y el techo de Biozona de *Rhabdinopora flabelliformis anglica* (Tremadociense inferior), preludiando la aparición de los graptolitos birradiados en el Tremadociense superior. Dentro de la Formación Volcancito, la especie se distribuye en las biozonas ya citadas, si bien su extensión vertical no abarcaría la totalidad del rango indicado (Fig. 3).

Por otro lado resulta interesante señalar que *Anisograptus* es un género relativamente raro en Sudamérica, donde por el momento aún no ha sido registrado en la sucesión graptolítica del sur de Bolivia, que pasa por ser la más completa propuesta para el Tremadociense de América meridional (Ortega & Suárez-Soruco, 1994 y referencias previas; Erdtmann *et al.*, 1995; Maletz & Egenhoff, 2001, 2003; Egenhoff *et al.*, 2004). En Argentina, Moya *et al.* (1994) tampoco hicieron referencia a ningún hallazgo de *Anisograptus* entre las asociaciones de rhabdinoporínidos del Tremadociense inferior de la Cordillera Oriental, pero poco después Moya *et al.* (1998) señalan *A. richardsoni* y *Anisograptus* sp. en niveles del Tremadociense inferior situados entre 10 y 32 m bajo la Discordancia Tumbaya al noroeste de la ciudad de Jujuy (área de El Moreno). Esta cita y la de Albanesi *et al.* (2000a) se corresponde con el hallazgo de *Anisograptus matanensis* en la Formación Saladillo del Angosto del Moreno, acompañado por *Rhabdinopora* spp. (pp= *R. f. acenolazai*?), que fuera inicialmente identificado como *R. f. parabola* (Albanesi & Ortega, 2002; Toro & Brussa, 2003). Ortega (*in* Moya *et al.*, 2003d) aporta magníficas ilustraciones de *A. matanensis* procedente de dicha localidad.

Otra especie argentina del género *Anisograptus* (*A. andinus* n. n.) ha sido reconocida recientemente en la parte inferior de la Formación Floresta de la Sierra de Mojotoro (Monteros, 1999; Monteros & Moya, en preparación), en lo que constituye el segundo hallazgo de un *Anisograptus* de rhabdosoma delgado en el ámbito iberoamericano, tras las primeras citas de *Anisograptus delicatulus* Cooper & Stewart en la Formación Tiñú (Tremadociense) del área de Oaxaca, México (Sour & Buitrón, 1987).

Género *Bryograptus* Lapworth, 1880

Especie tipo: *Bryograptus kjerulfi* Lapworth 1880, por designación posterior de Gurley (1896).

Bryograptus? sp.

Fig. 7d

Material: un rhabdosoma juvenil, PIL 14824, recogido suelto en la sección de río Volcancito, hacia la parte baja del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito.

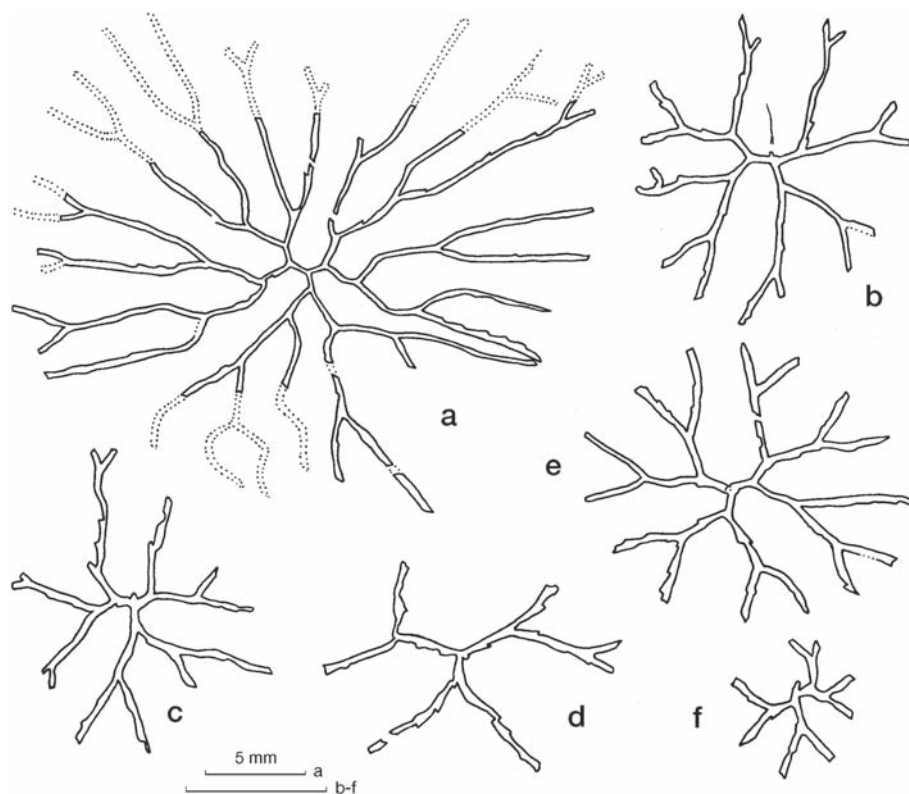


Figura 8. *Anisograptus matanensis* Ruedemann, 1937. Rhabdosomas comprimidos dorsalmente, procedentes de la localidad de Peña Negra (Formación Volcancito). **a**, colonia geróntica PIL 11425, identificada como “*Clonograptus* sp.” por Toselli (1975: lám. 4 fig. 6), en la cual se han redibujado algunas partes que faltan actualmente, a partir de la fotografía original de aquel autor (en punteado). **b**, PIL 14513 (= Fig. 16c), horizonte de 25 m. **c**, PIL 14805, idem. 110 m. **d**, PIL 14809 (= Fig. 16e), idem. 10 m. **e**, PIL 14512 (= Fig. 16b), idem. 110 m. **f**, PIL 14804, idem. 110 m. *Anisograptus matanensis* Ruedemann, 1937. Dorsally flattened specimens, all from Peña Negra section, Peña Negra Member of the Volcancito Formation. **a**, gerontic rhabdosome PIL 11425 from the Toselli collection, identified by him as “*Clonograptus* sp.” and partly redrawn according to the original picture (Toselli, 1975: pl. 4 fig. 6). The broken-off and lost distal parts are indicated by dotted lines. **b**, PIL 14513 (= Fig. 16c), from the horizon of 25 m above the base. **c**, PIL 14805, horizon of 110 m. **d**, PIL 14809 (= Fig. 16e), horizon of 9 m. **e**, PIL 14512 (= Fig. 16b), horizon of 110 m. **f**, PIL 14804, horizon of 110 m.

Descripción: Se trata de un único radosoma pendiente, de 6 mm de longitud y 4,6 de anchura, formado por tres estipes recurvadas hacia el interior de la colonia. La sícula mide 1,1 mm de longitud y se prolonga en un nema delgado (0,5 mm de longitud por 0,07 mm de anchura). En el punto de intersección con las estipes, existen recubrimientos corticales que impiden reconocer el tipo de estructura proximal.

Las estipes son gruesas, de 0,85-0,9 mm de anchura dorso-ventral, y en ellas se reconocen autotecas con dentículos agudos, en número de 9 en 10 mm.

Discusión: El reconocimiento de *Bryograptus* en la Formación Volcancito es una cuestión polémica, por sus implicaciones bioestratigráficas en el reconocimiento de materiales del Tremadociense superior en el Miembro medio de la unidad, donde como mucho se han reconocido graptolitos del Tremadociense inferior terminal. De los *Bryograptus* ilustrados por Aceñolaza & Durand (1984: lám. 1 figs. 4 y 13), el primero es un ejemplar irreconocible y el segundo nos parece asimilable a *Rhabdinopora flabelliformis bryograptoides*?. Ninguno de ellos ha podido ser reencontrado en la colección del trabajo antes mencionado, depositada en la Universidad de Tucumán.

Entre los varios miles de ejemplares recolectados para el presente trabajo, tan sólo la muestra PIL 14824 podría aproximarse al género *Bryograptus*, siendo muy diferente de las restantes partes proximales cuadrirradiadas de *Rhabdinopora* sp. con las que se presenta asociada en la misma muestra. Hasta ahora, la forma de *Bryograptus* que coexiste con los últimos representantes del género *Rhabdinopora* es *B. kjerulfi* Lapworth, que difiere del ejemplar famatinense tan sólo por su mayor número de autotecas (12-15 en 10 mm frente a 9 en 10 mm) y por una sícula más acuminada y prominente (1,5 mm de longitud frente a 1,1 mm en el ejemplar estudiado). En este sentido, la colonia juvenil de *B. kjerulfi* ilustrada por Bulman (1971: fig. 1c) parece ser muy semejante a la muestra del Famatina, debido al trazado recurvado de sus estipes laterales. Pese a todo, disponiendo de un solo ejemplar no resulta posible precisar la identificación taxonómica ni siquiera a nivel genérico, y por ello optamos por determinarlo como *Bryograptus*? sp.

En el norte argentino, la primera cita incuestionable de *Bryograptus* corresponde al hallazgo de *B. aff. kjerulfi* en una localidad de la Cordillera Oriental ubicada al sur de la ciudad de Salta (González Barry & Alonso, 1984). Los niveles con este graptolito se sitúan entre 175 y 200 m por encima de la primera aparición del trilobites *Jujuyaspis keideli*, muy próxima a su vez al contacto con el Grupo Mesón. De acuerdo con González Barry & Alonso (1984), *B. aff. kjerulfi* se presentaría asociado a raros ejemplares de *Staurograptus* sp., pero las ilustraciones originales de este último taxón parecen corresponder más bien a colonias juveniles de *Rhabdinopora* sp., tetrarradiadas y en conservación oblicua a discoidal (González Barry & Alonso, 1984: figs. 4 y 5). Ello concordaría también con

los registros mundiales de los tres géneros implicados, dado que *Staurograptus* se extingue mucho antes de la aparición de *Bryograptus*, y la asociación de este último con *Rhabdinopora* sólo sería posible en horizontes del Tremadociense superior temprano (Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999). Moya *et al.* (2003a) amplían la mención de *Bryograptus aff. kjerulfi*, acompañado por *Anisograptus* sp., a las localidades de La Quesera, Sierra de Mojotoro, Pascha y Angosto del Moreno. *Bryograptus kjerulfi* (s. str.) es citado y brevemente descrito e ilustrado por Toro & Brussa (2003) en las secciones de Parcha, La Pedrera, La Quesera, El Angosto, Sococha y Miraflores. El material de los niveles con *Adelograptus* y *Rhabdinopora* del Angosto de La Quesera se adscribe, de acuerdo con Aceñolaza *et al.* (2003) a *Bryograptus kjerulfi*, y según Moya *et al.* (2003e) a *Bryograptus*? sp.

Otra mención argentina a *Bryograptus* sp. ocurre en el sector oeste de la Cordillera Oriental (Angosto de Lampazar, 60 km al noroeste de Salta), donde Ortega *et al.* (1998), Albanesi *et al.* (2001) y Ortega & Albanesi (2002: lám. 2 fig. 21) definen la biozona homónima de este graptolito situándola entre 13 y 51 m por encima de la base de la Formación Saladillo, y equiparan su rango con la parte alta de la Biozona de *Cordylodus angulatus* de conodontos (incluyendo también la extensión vertical de *Rossodus* spp.). En adición a los registros ya conocidos de *B. aff. kjerulfi* en la Formación Floresta de la finca Miraflores, Moya *et al.* (2003c: fig. 11d) ilustran y sitúan algunos representantes modernos de *Bryograptus*? nov. sp. en la Formación San Bernardo de la Sierra de Mojotoro.

Género *Adelograptus* Bulman, 1941

Especie tipo: *Bryograptus? hunnebergensis* Moberg, 1892, por designación original.

“*Adelograptus*” sp.

Fig. 7c

Material: Un estadio inicial del crecimiento del radosoma, PIL 14826, procedente de la base del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, en la sección de Peña Negra. Biozona de *Anisograptus matanensis* del Tremadociense inferior.

Discusión: El ejemplar estudiado representa el único radosoma de aspecto birradiado encontrado en el conjunto del material examinado, procedente de las dos secciones del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito. El extremo proximal es marcadamente asimétrico y tiene un aspecto muy similar al de los primeros representantes del género *Adelograptus*, por lo cual nos ha parecido interesante darlo a conocer. Sin embargo, este ejemplar único ha sido registrado en un horizonte bien datado dentro de la Biozona de *Anisograptus matanensis*, que precede largamente a la aparición del desarrollo birradiado entre los

graptolitos planctónicos a nivel mundial. El mismo se sitúa en la base del Tremadociense superior (Cooper *et al.*, 1988; Cooper, 1999), y por lo tanto lo más probable es que el ejemplar de Famatina corresponda a una colonia patológica de *Anisograptus*. Otra posible alternativa es que se trate de un tafón de este mismo género, en el cual la tercera estipe se halle orientada hacia el interior del sedimento u obliterada por la primera estipe, como parece denotar el perfil ventral de la sícula en su intersección con la línea dorsal de la estipe 1.

Hasta el momento el registro más antiguo comprobado de *Adelograptus* en Argentina, corresponde al hallazgo de *A. tenellus* (Linnarsson) en el Tremadociense superior basal de la Sierra de Cajas, Cordillera Oriental (Ortega & Rao, 1995; Ortega *et al.*, 1998), el cual concuerda perfectamente con la aparición de *Adelograptus* en otras áreas mundiales. En referencia a la “Asociación Graptolítica IV” de una sección diferente de la Cordillera Oriental (El Angosto), Moya *et al.* (1994: 96, lám. 1 fig. 9) citan un ejemplar de *Adelograptus?* sp. en una asociación equivalente en su opinión a la de los graptolitos del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, incluso con formas bentónicas asociadas. Sin embargo, la ilustración publicada no resulta en modo alguno concluyente, y el ejemplar en cuestión podría corresponder también a una forma trirradiada de *Anisograptus*.

Orden DENDROIDEA Nicholson, 1872

Familia **Dendrograptidae** Roemer *in* Frech, 1897

Género *Dendrograptus* Hall, 1858

Especie tipo: *Graptolithus hallianus* Prout, 1851, por designación posterior de Hall (1862).

Dendrograptus sp.

Figs. 9a-b, 16m

v 2003 *Dendrograptus* sp.; Gutiérrez-Marco & Esteban, 43.

Material: Dos rhabdosomas de la sección de Peña Negra, PIL 11423b (colección original de Toselli, 1975) y PIL 14818 (horizonte de 246 m). Tremadociense superior (?).

Descripción: La colonia de mayor tamaño (Fig. 9b) consiste en un rhabdosoma dendroideo alargado, de 17 mm de altura y alrededor de 5 mm de anchura. Éste se origina a partir de un tallo principal delgado, de 1,7 mm de longitud, sin disco basal conservado. Del tallo divergen dos estipes cortas (2 mm) que forman entre sí un ángulo de 32°. Las estipes restantes se ramifican dicotómicamente a intervalos irregulares (1-3,5 mm), con ángulos de 40-60°. Su divergencia inicial decrece rápidamente tras cada bifurcación, de modo que existe una tendencia a volverse subparalelas, un hecho notorio en las ramas más distales. Por lo general, las estipes laterales interrumpen su crecimiento al separarse del eje principal del rhabdosoma, generado a expensas

de una de las dos primeras estipes. En cualquier sección transversal al mismo se observa que el número de estipes es siempre inferior a seis, pudiendo variar entre 1 y 5. En sectores con escasa distorsión tafonómica aparente, el número de estipes es 3 en 3 mm. Las estipes tienen una anchura casi uniforme (alrededor de 0,3 mm), sin distinguirse en ellas aperturas o procesos teca-les. El trazado de las ramas individuales suele ser ligeramente arqueado a débilmente flexuoso, alternando con otras estipes casi rectilíneas.

El segundo rhabdosoma estudiado (Fig. 9a) difiere del precedente por su menor tamaño, con ramificaciones más numerosas y un desarrollo más equilibrado a partir de las dos primeras estipes.

Observaciones: El escaso material disponible se adscribe sin duda al género *Dendrograptus* por el aspecto del rhabdosoma y su modo de ramificación, en ausencia de disepimientos y sin evidencia de un carácter compuesto de las estipes.

El hábito general de la colonia recuerda considerablemente al de algunas formas del Tremadociense de China, como *D. yangtzensis* Mu; *D. hsui* Mu; *D. yini* Mu; *D. mui* Yu, Liu & Fang o *D. delicatus* Lin (Mu, 1955; Wang *et al.*, 1977; Chen *et al.*, 1980; Yu *et al.*, 1985; Mu *et al.*,

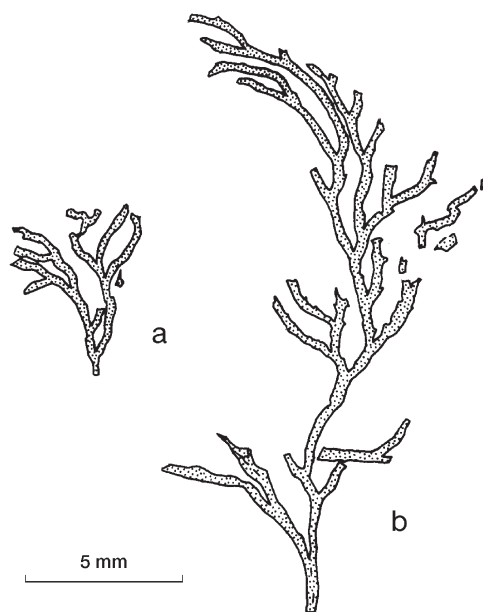


Figura 9. *Dendrograptus* sp. **a**, fragmento basal de la colonia PIL 14818 (= Fig. 16m); horizonte de 246 m en la sección de Peña Negra. **b**, rhabdosoma PIL 11423b (original de Toselli, 1975), procedente de un nivel indeterminado de la misma sección.

Dendrograptus sp. **a**, proximal fragment of rhabdosome, PIL 14818 (= Fig. 16m); from the horizon of 246 m above the base in the Peña Negra section. **b**, rhabdosoma PIL 11423b (original from Toselli, 1975), coming from an unknown horizon in the same section.

1979, 2002), así como a diversas especies del Silúrico de Europa y Norteamérica. Sin embargo, el reducido número del material estudiado y su estado de conservación, impide establecer comparaciones taxonómicas precisas hasta no disponer de nuevos ejemplares significativos, que incluyan por lo menos alguna forma geróntica con el radosoma plenamente desarrollado.

Género *Dictyonema* Hall, 1851

Especie tipo: *Gorgonia retiformis* Hall, 1843, por designación posterior de Miller (1889).

Dictyonema sp. nov. 1

Figs. 10a-b, 16i-k

- ? 1960 *Aspidograptus* cf. *implicatus* (Hopkinson); Turner, 31-32, lám. 1 fig. 4.
- 1975 *Aspidograptus* cf. *implicatus* Hopkinson; Toselli, 151-152, lám. 4 fig. 4.
- ? 1984 *Dictyonema* cf. *D. scitulum* Harris & Keble; Aceñolaza & Durand, 272, lám. 1 fig. 9.
- ? 1996 *Aspidograptus* cf. *implicatus* (Hopkinson); Tortello *et al.*, 128.
- 1997 *Callograptus*? sp.; Esteban & Gutiérrez-Marco, 60.
- v 2003 *Dictyonema* sp.1; Gutiérrez-Marco & Esteban, 43.

Material: Restos de cuatro radosomas, PIL 14816, 14817, 14821 y 11423a. Los dos primeros son fragmentos proximales que proceden del horizonte de 27 m del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito en la sección de Peña Negra; el tercero del nivel de 247 m del mismo perfil; y el cuarto es un original de Toselli (1975, lám. 4, fig. 4), recogido en un nivel desconocido de la sección de río Volcancito. Tremadociense inferior a superior (?).

Descripción: Radosoma erguido, con una parte estrecha basal y abierto distalmente en forma de abanico, algo arqueado en sección transversal. Las dimensiones máximas observadas son 18 mm de altura en una colonia estrecha, y 18,7 mm de anchura en el radosoma mejor conservado, que es ligeramente más ancho que alto (relación L/A= 0,9).

Las estipes presentan una ramificación irregular, sin una zonalidad reconocible. Las dicotomías están separadas por intervalos de 2-4 mm en la parte proximal, cada 1-3 mm en el sector de expansión de la colonia, y finalmente 2,5-7 mm entre las dicotomías del tercio distal del radosoma. Las estipes son delgadas (0,3 mm de anchura lateral), ligeramente sinuosas a escala de detalle, y su número varía entre 15-16 en 10 mm. El trazado general de cada estipe es arqueado y subparalelo al de sus estipes adyacentes en la mitad inferior del radosoma, donde los disepimientos son muy esporádicos y adquiere un aspecto general de *Callograptus*. Sin embargo, en porciones más maduras de la colonia el número de disepimientos aumenta ostensiblemente (2-4 en 5 mm), aunque por su extrema delgadez estas estructuras no suelen ser muy notorias. Su presencia se marca más bien por la aproximación que fijan entre estipes adyacentes, las cuales parecen seguir engrosándose durante la astogenia sin que los disepimientos crezcan en longitud y aumenten la separación. En estas

condiciones, se suelen formar fenéstrulas ojivales alargadas entre disepimientos sucesivos o entre un punto de dicotomía y el primer disepimiento que relaciona las dos estipes de ella surgidas. La convergencia y divergencia sucesiva de las estipes, causada por la inserción de los disepimientos, no está asociada a procesos de anastomosis con auténtica coalescencia tecal; a lo sumo pueden apreciarse recrecimientos corticales que podrían llegar a evocar aquél aspecto por simple deformación tafonómica.

Observaciones: Los ejemplares designados como *Dictyonema* sp. nov. 1 tienen una morfología común con muchas especies silúricas y devónicas del género *Dictyonema*, que en cierto modo debe de estar relacionada con los aspectos ecofenotípicos que condicionan el radosoma flabelado. La mayoría de las colonias comparables del Ordovícico Inferior, con una forma de abanico erguido de reducidas dimensiones, o bien carecen de una neta distinción específica [caso de *Dictyonema dumosus* de Berry (1960: lám. 7 fig. 10)], o bien han sido simplemente ilustradas en nomenclatura abierta [caso de *Dictyonema* sp. de Ross & Berry (1963: lám. 1 fig. 3)], por reseñar tan sólo dos de estos ejemplos.

De cualquier modo, el problema del material del Famatina es la escasez de ejemplares suficientemente significativos y determinativos, por lo que de momento optamos por describir el taxón en nomenclatura abierta. De las colonias de graptolitos bentónicos ilustradas por Toselli

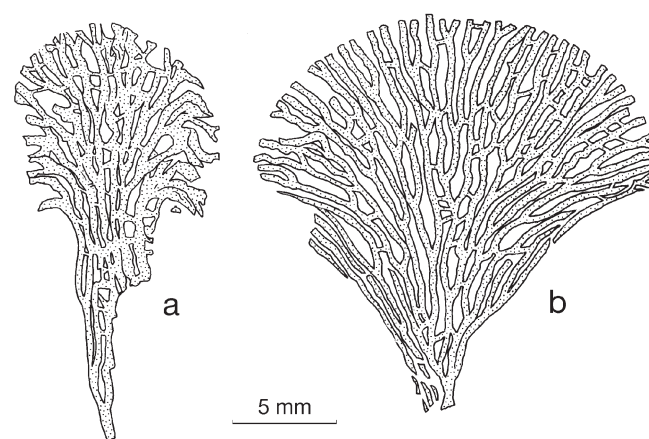


Figura 10. *Dictyonema* sp. nov. 1. Radosomas procedentes del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito en la sección de Peña Negra. **a**, Ejemplar inédito de la colección Toselli, PIL 11423a. **b**, radosoma adulto carente de la región proximal, PIL 14821 (contraparte en Fig. 16j), recogido 247 m por encima de la base del miembro.

Dictyonema sp. nov. 1. Two radosomes from the Peña Negra Member of the Volcancito Formation, Peña Negra section. **a**, Unfigured specimen from the Toselli collection, PIL 11423a. **b**, Adult rhabdosome PIL 14821, counterpart of specimen illustrated in Fig. 16j, from the horizon of 247 m above the base of the member.

(1975), su *Aspidograptus* cf. *implicatus* es claramente comparable al material que acabamos de describir, e implica la presencia de *Dictyonema* sp. nov. 1 en la sección del río Volcancito. Otro ejemplar ilustrado por el mismo autor como *Callograptus* sp. (Toselli, 1975: lám. 4 fig. 10) presenta estipes onduladas y un aspecto bastante semejante al de las partes proximales estudiadas aquí (Fig. 16k). Sin embargo, en su ilustración original no se advierten disepimientos, y el ejemplar en sí no hemos podido revisarlo. Más dudosa aún es la afiliación de *Aspidograptus* cf. *implicatus* descrito por Turner (1960: lám. 1 fig. 4) el cual, pese a tener un radosoma en abanico bastante similar en aspecto al de *Dictyonema* sp. nov. 1, tiene unas estipes rotundamente más gruesas (0,5 mm) conforme se indica en su descripción.

Dictyonema? sp. cf. *D. cordillerensis*

Braithwaite, 1976

Fig. 11

?cf. 1976 *Dictyonema cordillerensis* n. sp.; Braithwaite, 10-11, lám. 2 figs. 1-4.

v 2003 ?*Dictyonema* sp. cf. *D. cordillerensis*; Gutiérrez-Marco & Esteban, 43.

Material: Un fragmento de radosoma (PIL 15150), procedente del horizonte de 137 m de la Formación Bordo Atravesado en la sección del Portezuelo de La Alumbra, ubicada 2 Km al noreste del paraje de Bordo Atravesado (Fig. 1.2J), en la vertiente meridional del Nevado de Famatina (La Rioja). Tremadociense superior, biozona indeterminada, probablemente Biocronozona de *Kiaerograptus* o posterior.

Observaciones: Ilustramos aquí un raro resto de graptolito tremadociense encontrado en la unidad suprayacente a la Formación Volcancito, donde hasta la fecha sólo se habían citado formas planctónicas (*Paradelograptus* y *Kiaerograptus*), por encima del rango indicado por la Sub-biozona de *Paltodus deltiifer pristinus* de conodontos (Albanesi *et al.*, 2000b, 2001, 2005). El ejemplar presenta una marcada ondulación de las estipes, con una disposición regular en zig-zag, incluso inmediatamente después de los puntos de ramificación. Aunque la convexidad de las ondulaciones hacen que dos estipes contiguas puedan entrar en contacto reiteradas veces, no existen evidencias de que en estas uniones temporales se desarrollen procesos de anastomosis. Como mucho, se aprecia algún disepimiento esporádico delgado a grueso por recrecimiento cortical, relacionando estipes contiguas en sus puntos de convexidad coincidente (Fig. 11).

La presencia de estipes en zig-zag y de disepimientos delgados, constituyen los elementos diagnósticos de *Dictyonema cordillerensis*, el cual fue descrito en la Zona de *Adelograptus* de Utah, EE.UU. Esta especie se distribuye en la parte baja de la Biozona de *Protopliomerella compacta* de

trilobites (G-2) en el área tipo del Ibexiense, correspondiéndole una edad Tuleaniense superior, la cual suele correlacionarse con el Moriduniense británico (Arenigiense inferior). Sin embargo, el pequeño fragmento del Famatina resulta insuficiente para asegurar la identificación plena con la citada especie, y ni siquiera posibilita su asignación genérica, dada la conservación esporádica de los disepimientos. Las ondulaciones de las estipes, tanto en la forma estadounidense como en el ejemplar estudiado por nosotros, resultan ser más pronunciadas aún que en *Dictyonema yichangense* Wang (= *D. eudodum* Ni), única especie comparable con el material tipo de la forma norteamericana, y que aparece restringida



Figura 11. *Dictyonema?* cf. *D. cordillerensis* Braithwaite, 1976.

Fragmento de radosoma procedente de la Formación Bordo Atravesado en la sección del Portezuelo de La Alumbra. Tremadociense superior, posición desconocida dentro del rango de las biozonas de *Araneograptus murrayi* y *Hunnegraptus copiosus*. PIL 15150 (x 7).

Dictyonema cf. *D. cordillerensis* Braithwaite, 1976. Fragment of rhabdosome from the Bordo Atravesado Formation, recorded at the Portezuelo de la Alumbra section. Upper Tremadocian, uncertain position within the range of the *Araneograptus murrayi* and *Hunnegraptus copiosus* biozones. PIL 15150 (x 7).

a la Biozona de *Rhabdinopora flabelliformis* de China (ver referencias en Mu *et al.*, 2002: 96, lám. 27 fig. 2).

La presencia de estipes paralelas y de trazado sinuoso no es exclusiva de *Dictyonema cordillerensis* o de *D. yichangensis* (*nomen correctum*), sino que también se conoce, en forma más atenuada, en algunas colonias de *Rhabdinopora* (por ejemplo Erdtmann, 1982b: lám. 2 fig. 6a; Yin *et al.*, 1984: lám. 1 fig. 13). Sin embargo, en dicho género lo normal es que el aspecto ondulado de las estipes, en conservación dorsal, venga condicionado por la inserción alterna de disepimientos con espesamientos corticales en la base. Entre los dendroideos bentónicos, presentan también estipes onduladas por ejemplo *Dictyonema* sp. (Ross & Berry, 1963: lám. 1 fig. 2), *D. bulmani* Ruedemann, *D. fillmorensis* Braithwaite, *D. flexiliramosum* Mu, *D. intermedium* Prantl & Přibyl, *D. poctai* Prantl & Přibyl, *D. simile* Ruedemann, *D. scopulatum* (Lin) (= *R. flabelliformis liaotungensis* Mu *fide* Mu *et al.*, 2002), *Callograptus undosus* Kraft, etc. No obstante, en ninguno de estos taxones las estipes alcanzan el trazado tan regular en zig-zag observado tanto en *D. cordillerensis*, como en *D. yichangensis* y en el ejemplar del Famatina; si bien, en cualquier caso, necesitaríamos disponer de un material más abundante para establecer la identidad taxonómica.

Distribución: El ejemplar estudiado procede de un nivel fosilífero de limolitas arcillosas grises, ubicado estratigráficamente a unos 137 m por encima de la base de la Formación Bordo Atravesado, y a unos 30 m sobre el horizonte fosilífero que contiene notables restos de filocáridos y graptolitos, además de una asociación muy variada de trilobites pelágicos y bentónicos. Entre los trilobites se identificaron *Degamella famatinensis*, *Prospectatrix* sp., *Sagavia durandi*, *Iliaenopsis* sp. nov., cf. *Homalopteon*, *Hapalopleura longirachis*, *H. aff. longicornis*, *Proteuloma* sp. nov., *Shumardia* sp., *Bienvillia* sp., *Leptobenthos roartei* y *Corrugatagnostus* sp. (Esteban, 1992, 1996b, 1999b; Tortello & Esteban, 1995, 2003b). Los graptolitos se citan provisionalmente como *Kiaerograptus* spp. y *Paradelograptus* spp. (Albanesi *et al.*, 2005).

El descubrimiento de conodontos de la parte inferior de la Biozona de *Paltodus deltifer*, 25 m por encima de la base de la Formación Bordo Atravesado, y de la asociación formada por los trilobites y graptolitos de la Biocronozona de *Kiaerograptus* (horizonte de 105 m), hace posible que el graptolito bentónico aquí estudiado, obtenido en un nivel más moderno (horizonte de 137 m), pueda tener una edad posterior incluso a la Biocronozona de *Kiaerograptus*. En este sentido, optamos por adjudicarle, tentativamente, una edad *grosso modo* equivalente a la de las biozonas de *Araneograptus murrayi* o de *Hunnegraptus copiosus* del Tremadociense superior tardío, teniendo en cuenta también el desarrollo notable que alcanzan ambas biozonas en numerosas secciones sudamericanas (Maletz *et al.*, 1999, con referencias previas; Albanesi *et al.*, 2001; Ortega & Albanesi, 2002; Benedetto *et al.*, 2002; Albanesi & Ortega, 2002).

Independientemente de la incertidumbre taxonómica, el ejemplar del Famatina contribuye a llenar el hueco en el registro de dendroideos bentónicos, con estipes en zig-zag, existente entre

el Tremadociense inferior (*Dictyonema yichangensis*) y el Arenigiense basal (*D. cordillerensis*).

Género *Aspidograptus* Bulman, 1934 emend. Rickards *et al.*, 1990

Especie tipo: *Clematograptus implicatus* Hopkinson in Hopkinson & Lapworth 1875, por designación original.

Aspidograptus cuerdaei sp. nov.

Figs. 12a-c, 16l

- ? 1960 *Aspidograptus*? cf. *minor* Bulman; Turner, 32-33, lám. 3 fig. 3.
- v 1975 *Callograptus* sp.; Toselli, 153-154, lám. 4 figs. 7 y 10? (= *Dictyonema* sp. nov. 1).
- v 1984 *Callograptus* sp.; Aceñolaza & Durand, 273, lám. 1 fig. 5? y 7.
- v 1996 *Aspidograptus*? cf. *minor* Bulman; Tortello *et al.*, 128, lám. 2, fig. 5.
- v 1996 *Callograptus* cf. *salteri* Hall; Tortello *et al.*, 128, lám. 2, fig. 8.
- v 1997 *Aspidograptus* sp.; Esteban & Gutiérrez-Marco, 60.
- v 2003 *Aspidograptus* sp.; Gutiérrez-Marco & Esteban, 43.

Holotipo: Rabdosoma adulto PIL 14815, depositado en la colección de paleoinvertebrados Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (Argentina), e ilustrado aquí en la Figs. 12c y 16l).

Localidad tipo: Peña Negra, en la margen derecha del río Achavil, 72 km al oeste de la población de Famatina (La Rioja, Argentina).

Estrato tipo: Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, horizonte situado a 26 m por encima de la base del perfil de Peña Negra. Tremadociense inferior, Biozona de *Anisograptus matanensis*.

Derivación del nombre: La especie está dedicada al Prof. Dr. Alfredo J. Cuerda (Museo de La Plata) en homenaje a su importante contribución al estudio de los graptolitos argentinos, dendroideos bentónicos inclusive.

Paratipos: PIL 11426a-11426b (localidad Peña Negra, original de Toselli (1975: lám. 4 figs. 7 y 10); PIL 14818 (Peña Negra, nivel de 247 m); 14819-14820 (río Volcancito).

Diagnosis: Frondes formados a partir de 4-5 zonas de ramificación; estipes estrechas (0,25-0,30 mm de anchura) y espaciadas regularmente (12-15 en 10 mm), sin aparente anastomosis. Disepimientos muy finos y distribuidos irregularmente.

Large fronds formed by 4-5 branching zones, with narrow and regularly spaced stipes, 0,25-0,30 mm wide, numbering 12-15 in 10 mm. Dissepiments very thin and irregularly arranged; anastomosis not seen.

Descripción: El rabdosoma está formado por al menos tres frondes infundibuliformes que convergen en la parte basal de la colonia, donde se observa un corto tallo (1,5 mm de longitud por 0,5 mm de anchura) del cual surge un número equivalente

de estipes primarias. Cada estipe principal se halla fuertemente recurvada en vista lateral, y de su cara convexa surgen estipes “laterales” que se bifurcan repetidamente a distancias de 1-1,35 mm, 3-4 mm, 8,5-10 mm, 12-15 mm y 20-25 mm medidas desde la estipe principal, dando lugar a cuatro o cinco zonas de ramificación en los rhabdosomas adultos.

Debido a su particular constitución y a la preservación frecuente de los frondes en compresión oblicuo-lateral, las dimensiones generales del rhabdosoma no pueden ser establecidas con exactitud. El tamaño máximo de los frondes más completos (en vista lateral plena) es de 36 mm de altura por 30 mm de anchura (esta última magnitud medida transversalmente al eje de la colonia). Los rhabdosomas aplastados lateralmente en el plano de estratificación alcanzan 50-60 mm de anchura, dependiendo de que involucren restos de dos o más frondes.

Las estipes se observan casi siempre en vista dorsal u oblicuo-dorsal; su anchura lateral es de alrededor de 0,25-0,3 mm y están separadas por interespacios dos veces más anchos (0,5-0,7 mm). La anchura dorsoventral de las estipes, medida en un solo caso a una distancia de 25 mm del extremo proximal del rhabdosoma, es de 0,5 mm a nivel de los dentículos de 3 autotecas conservadas en una longitud de 1,5 mm. Las autotecas no presentan evidencias de aislamiento apertural y su número en 10 mm, deducido del ejemplo anterior, oscilaría entre 19 y 20.

Las estipes en vista dorsal aparentan ser levemente sinuosas a escala de detalle, pero a nivel general su trazado es bastante rectilíneo, manteniendo un gran paralelismo entre sí después de cada bifurcación y entre estipes adyacentes surgidas de bifur-

caciones distintas. El número de estipes varía entre 12 y 15 en 10 mm, medidas en las porciones maduras de aquellos frondes mejor conservados en vista lateral. Las estipes pueden presentarse unidas por disepimientos a intervalos irregulares, pero casi siempre inferiores a los 2 disepimientos en 10 mm. No obstante, en sectores distales de algunos frondes se aprecian concentraciones irregulares de disepimientos que pueden variar entre 3 y 5 en 10 mm. Los disepimientos son siempre muy finos (0,10-0,15 mm) y carecen de espesamientos corticales localizados, pero con una inserción perpendicular a ligeramente oblicua.

Relaciones y diferencias: *Aspidograptus cuerdoi* sp. nov. tiene un rhabdosoma de dimensiones y aspecto comparables a la especie tipo del género, *A. implicatus* (Hopkinson), de la que se diferencia por sus estipes principales menos recurvadas, estipes claramente más estrechas (0,25-0,3 mm de anchura lateral, frente a 0,5-0,6 mm en *A. implicatus*), y dicotomías emplazadas de una forma más regular y espaciada que en la especie del Arenigiense británico (Bulman, 1934). *Aspidograptus? minor* Bulman tiene unas estipes de anchura comparable a las de *A. cuerdoi* pero carece de disepimientos: ambos caracteres llevaron a Turner (1960) a identificar con dudas a esta segunda forma del Arenigiense británico y Tremadociense superior de China en la Formación Volcancito, si bien a través de tres rhabdosomas juveniles de difícil adscripción. Lo más probable es que estos últimos pertenezcan también a *A. cuerdoi*, que se diferencia de *A.? minor* por el mayor tamaño del rhabdosoma, la presencia de al menos tres estipes principales, la ramificación más regular y espaciada, estipes de trazado más uniforme y subparalelo unidas por disepimientos esporádicos, y un distinto contenido tecal (19-20 en 10 mm en *A. cuerdoi*, frente a 24 autotecas en 10 mm en *A.? minor*). Adicionalmente, uno de los dos sintipos de *A.? minor* (Bulman, 1934: lám. 10 fig. 5) pertenece tal vez al género *Dendrograptus*, donde modernamente ha quedado acreditada la presencia de ramificación lateral a partir de las estipes basales de algunas formas primitivas (Chapman *et al.*, 1996: fig. 4a).

Entre los representantes de *Aspidograptus* conocidos en depósitos temporal y ecológicamente correlacionables con los de la Formación Volcancito en el resto del mundo, cabe citar en primer lugar a *A. uniflexilis* Yu, Liu & Fang, y a “*Dictyonema*” *xiushuicum* Yu, Liu & Fang, representados ambos en la parte inferior de la Biozona de *Aorograptus asiaticus* del sur de China (= Cronozona de *Rhabdinopora flabelliformis anglica*), junto a un amplio cortejo de dendroideos bentónicos de otros géneros (Yu *et al.*, 1985; Feng & Erdtmann, 1999). Los ejemplares de *Aspidograptus? sp.* citados junto a *R. flabelliformis* en afloramientos del este de Nueva York (Landing, 1993: figs. 5.4-5.5) están demasiado mal conservados como para permitir su comparación con *A. cuerdoi*, e incluso podrían corresponder a fragmentos de *Dictyonema* (Landing, 1993: 10). Por otra parte, el ejemplar único de *Aspidograptus cf. implicatus* descrito por Mu *et al.* (1979: 21, lám. 2 figs.

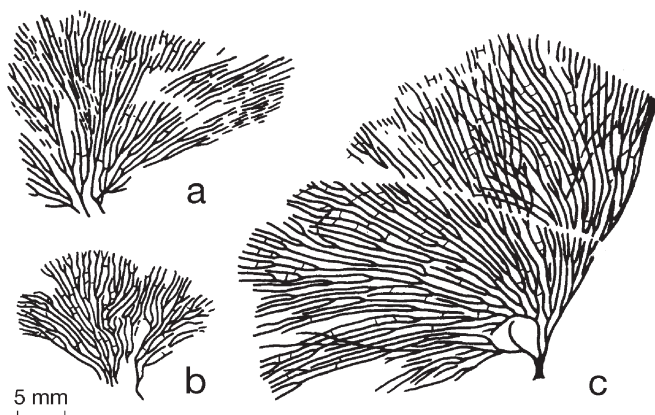


Figura 12. *Aspidograptus cuerdoi* sp. nov. **a**, rhabdosoma original de Aceñolaza & Durand (1983, 1984: lám. 1 fig. 7, identificado como *Callograptus sp.*), PIL 13136, en el cual se perciben tres de sus cuatro “frondes”. **b**, ejemplar ilustrado por Toselli (1975: lám. 4 fig. 7), citado originalmente como *Callograptus sp.*, PIL 11426a. **c**, rhabdosoma adulto, Holotipo PIL 14815 (= Fig. 16 l), procedente del horizonte de 27 m por encima de la base en la sección de Peña Negra. *Aspidograptus cuerdoi* sp. nov. **a**, original specimen of *Callograptus sp.* from Aceñolaza & Durand (1983, 1984: pl. 1 fig. 7), PIL 13136, showing three of its four fronds. **b**, rhabdosome originally identified as “*Callograptus sp.*” by Toselli (1975: pl. 4 fig. 7), PIL 11426a. **c**, holotype, adult rhabdosome PIL 14815 (= Fig. 16 l), Peña Negra section, horizon of 27 m above the base.

3a-b) en el Tremadociense inferior del suroeste de China, difiere del material argentino por la mayor anchura de las estipes y la práctica ausencia de disepimientos, que dota a la malla de un aspecto mucho más irregular (véase también la redescipción de Mu *et al.*, 2002). Finalmente, *A. lotolatzensis* (Mu) [= *A. firmus* Lin], posee un rabdosoma diminuto con una ramificación mucho más abierta que la de *A. cuerdaei* sp. nov., y también un contenido tecal sensiblemente inferior (4-4,5 autotecas en 5 mm, de acuerdo con la redescipción de Mu *et al.* (2002: lám. 15 fig. 7) y Zhang & Erdtmann (2004a). Los mismos caracteres diferencian también el material argentino con respecto a *Aspidograptus* sp. (Mu, 1955: lám. 3 fig. 8), otra forma del Ordovícico Inferior de China que permanece en nomenclatura abierta.

La especie *Aspidograptus rarus* Sobolevskaya, del Ordovícico Superior de Rusia, tiene estipes más anchas (0,5 mm) y menos numerosas (6-7 en 10 mm), con escaso paralelismo, pero con una zonación radial de dicotomías claramente definida (Sobolevskaya, 1971: lám. 1 fig. 1).

Entre las formas del Cámbrico superior, *Aspidograptus cuerdaei* sp. nov. recuerda bastante a *A. ? parallelus* Ruedemann, en especial por la anchura lateral de las estipes (0,4 mm) y un número elevado de autotecas (20 en 10 mm). Sin embargo, la especie norteamericana presenta una malla más densa (las estipes están separadas por interespacios de anchura equivalente), y las ramas laterales (aquellas que surgen de cada estipe principal) no se ramifican tan repetidamente como en la forma argentina. *Aspidograptus smithsonensis* Rickards, Baillie & Jago, del Cámbrico superior de Australia, es una especie notoriamente distinta por sus frecuentes procesos de anastomosis (a veces incompleta) entre estipes adyacentes (Rickards *et al.*, 1990: figs. 6A y 7A).

Por último, *Aspidograptus obuti* Bouček, la especie más moderna del género, es una forma radicalmente distinta de *A. cuerdaei* sp. nov. Entre las diferencias observadas citamos las dimensiones reducidas de su rabdosoma, la distinta zonalidad de las ramificaciones y las estipes de mayor anchura, en parte anastomosadas, que caracterizan en su conjunto a la especie del Silúrico superior de Bohemia (República Checa: Bouček, 1957).

Observaciones: La presencia de estipes principales recurvadas, de cuya cara convexa surgen lateralmente el resto de las ramas, permite diferenciar el material estudiado del género *Callograptus*, el cual posee una malla de constitución idéntica e indiferenciable de la de *Aspidograptus* en ausencia de fragmentos proximales. Ello explica la frecuente confusión de ambos géneros entre el material previo de la Formación Volcancito (Toselli, 1975; Aceñolaza & Durand, 1983, 1984), que sólo ahora podemos aclarar gracias a los nuevos hallazgos aquí descritos. Sorprende, en cambio, que los estudios aportados por autores precedentes ignorasen reiteradamente la presencia de disepi-

mentos, tal vez por su escasa notoriedad frente al ancho de las estipes, o por la manifiesta irregularidad en cuanto a la ubicación de tales estructuras. La identificación de *Aspidograptus* sp. hecha por Toselli (1975: lám. 4 figs. 5, 8 y 9) no corresponde a ningún graptolito bentónico, ya que bajo esta denominación se ilustran tres rabdosomas juveniles de *Rhabdinopora* sp.

Género *Pseudocallograptus* Skevington, 1963

Especie tipo: *Callograptus salteri* Hall, 1865, por designación original.

Pseudocallograptus? sp.

	1960	<i>Callograptus</i> cf. <i>salteri</i> Hall; Turner, 33-34, lám. 2 fig. 8.
non	1975	<i>Callograptus</i> sp.; Toselli, 153-154, lám. 4 figs. 7 y 10? (= <i>Aspidograptus cuerdaei</i> sp. nov.).
v.non	1984	<i>Callograptus</i> sp.; Aceñolaza & Durand, 273, lám. 1 figs. 5? y 7 (= <i>Aspidograptus cuerdaei</i> sp. nov.).
v.non	1996	<i>Callograptus</i> cf. <i>salteri</i> Hall; Tortello <i>et al.</i> , 128, lám. 2 fig. 8 (= <i>Aspidograptus cuerdaei</i> sp. nov.).
v.non	1997	<i>Callograptus</i> ? sp.; Esteban & Gutiérrez-Marco, 60 (= <i>Dictyonema</i> sp. nov. 1).
v	2003	? <i>Pseudocallograptus</i> sp.; Gutiérrez-Marco & Esteban, 43.

Discusión: La confirmación de la presencia de *Callograptus* o *Pseudocallograptus* en la Formación Volcancito, una vez descartados la mayor parte de los ejemplares referidos por autores previos tanto al primer género, como a la especie tipo del segundo, queda por el momento supeditada a la revisión del único rabdosoma de *Callograptus* cf. *salteri* identificado por Turner (1960: lám. 2 fig. 8). Se trata de una colonia cónica de tamaño medio (50 mm de longitud por 35 mm de anchura), cuya fotografía recuerda mucho a un rabdosoma de *Rhabdinopora* típicamente mal conservado, al estilo de muchos horizontes graptolíticos de la sección del río Volcancito. La ausencia de disepimientos puede estar relacionada también con un problema de conservación en este ejemplar único. Sin embargo, Turner (1960) describió lo que aparentaría ser un “tallo algo grueso” en la región proximal, semejante al de muchos dendroideos bentónicos, por lo que no puede descartarse la interpretación de dicho material como *Callograptus* o como *Pseudocallograptus*, habida cuenta de los restantes elementos morfológicos. La vinculación con *Pseudocallograptus salteri* va mucho más allá y no puede ser mantenida en función de las evidencias disponibles, cuando se carece especialmente de los detalles de la estructura compuesta de las estipes, típica de esta especie definida en el Arenigiense (Skevington, 1963; Fortey & Owens, 1978) y que surge probablemente en el Tremadociense superior

(Zhang & Erdtmann, 2004). La identificación restante de *C. cf. salteri* en la Formación Volcancito es la de Tortello *et al.* (1996) [= *Callograptus* sp. *pro parte* en Aceñolaza & Durand, 1984] y corresponde a un ejemplar revisado aquí como *Aspidograptus cuerdaei* sp. nov.

Otras menciones de *Callograptus* cf. *salteri* en Argentina son, en primer lugar, la de Cuerda *et al.* (1983: 246-247, lám. 1 figs. 4-5), con referencia al hallazgo de cuatro fragmentos de radosoma en el Tremadociense inferior de la Precordillera de San Juan. Moya *et al.* (1994, 2003a, 2003b) y Malanca (2002) citan igualmente *Callograptus* (*Pseudocallograptus*) *salteri* en su "Asociación Graptolítica IV" (techo del Tremadociense inferior) de la Cordillera Oriental, concretamente en la Formación Saladillo en su sección del Angosto del Moreno. En el Angosto de La Quesera, Moya *et al.* (2003e) identifican *Callograptus* (*Pseudocallograptus*) sp. en los niveles con *Adelograptus* y *Rhabdinopora*. Finalmente, Malanca *et al.* (1998) citan en la Formación Las Vicuñas (Tremadociense de la Puna) el hallazgo de restos de dendrograptidos de estipes lineales y sin disepimientos, que deben de tener un aspecto muy similar al de las formas en cuestión.

La presencia de *Pseudocallograptus salteri* en el Tremadociense ha sido mencionada también en China (Wang *et al.*, 1977; Yu *et al.*, 1985; Feng & Erdtmann, 1999; Mu *et al.*, 2002; Zhang & Erdtmann, 2004a) pero, tal y como sucede con los registros argentinos, no podrá considerarse plenamente probada hasta no conocer en detalle la estructura de las estipes. Según Chapman *et al.* (1996: fig. 2), los únicos géneros del Cámbrico Superior y Tremadociense con estipes claramente compuestas (como las de *Pseudocallograptus*) serían, por el momento, *Thallograptus* y *Palaeodictyota*.

Dentro del ámbito iberoamericano, Sour & Buitrón (1987: fig. 1-2) indican el hallazgo de *Callograptus* cf. *elegans* en el Tremadociense inferior (Formación Tiñú) de Oaxaca, México. Sin embargo, el material ilustrado corresponde sin duda a fragmentos de radosomas de formas planctónicas (*Rhabdinopora* sp.) semejantes a las que abundan en los mismos niveles.

Género *Airograptus* Ruedemann, 1916

Especie tipo: *Dictyonema furciferum* Ruedemann, 1904, por designación original.

Discusión: De acuerdo con su definición original, el género *Airograptus* comprende graptolitos dendroideos bentónicos cuyas autotecas tienen procesos peltados prominentes, a menudo bifurcados, que conectan estipes adyacentes sustituyendo a los disepimientos auténticos. Estos últimos, en caso de existir, serían muy esporádicos. Además de la forma tipo *Airograptus furciferus*, del Arenigiense inferior y medio de Pennsylvania y Nueva York (EE.UU.), Ruedemann (1916, 1947) incluyó en *Airograptus* a otras especies ordo-

víticas y silúricas del norte de Europa, tales como *Dictyonema cervicorne* Holm, *D. tuberosum* Wiman, *D. peltatum* Wiman y *D. cavernosum* Wiman, más tarde revisadas por Bulman (1933) o Bulman & Rickards (1966). Ninguna de ellas pertenece al género *Airograptus* a pesar de mostrar procesos autotecales peltados y espinosos muy notorios.

Airograptus fue considerado por Bulman (1938, 1970b) y Obut (1964) como un sinónimo posterior de *Dictyonema*, una opinión mantenida por casi todos los investigadores posteriores, con la limitada excepción de los autores de hallazgos cambro-ordovícicos en Asia. Además de las especies europeas de *Dictyonema* antes citadas, en el Ludlow de Australia y en el Wenlock superior de Canadá existen otras formas con procesos autotecales bifurcados, que de registrarse en el Ordovícico Inferior serían consideradas como *Airograptus*, y cuya morfología es ciertamente parecida a la de la forma argentina *Airograptus? guillermoi* sp. nov. que describimos más adelante (véase por ejemplo *Dictyonema* sp. de Rickards *et al.*, 1995, fig. 14G). Otra subespecie del Ludlow australiano y canadiense, *Dictyonema delicatulum barnbyensis* Rickards & Wrigth, tiene también procesos ventrales autotecales bifurcados, formados por láminas planares de tejido fuselar (Rickards & Wright, 1997: figs. 4A y 6C; Sherwin & Rickards, 2002: fig. 4a; Lenz & Kozłowska-Davidziuk, 2002: figs. 8.2 y 8.13), lo cual revela que tales elementos no son exclusivos de *Airograptus*, sino que se constatan esporádicamente en el género *Dictyonema*.

Tras los trabajos de Ruedemann, tanto *Airograptus furciferus* como nuevas formas relacionadas con dicho taxón en nomenclatura abierta, han sido citadas en el Arenigiense de EE.UU. (Berry, 1962) y, sobre todo, en el Tremadociense de China (Mu, 1953, 1955; Chen *et al.*, 1980a; Yu *et al.*, 1985; Wang & Erdtmann, 1987; Mu *et al.*, 2002; Zhang & Erdtmann, 2004a, 2004b) y Asia central (Obut & Sennikov, 1984; Sennikov, 1994). De China proceden también los representantes más antiguos de *Airograptus*, caracterizados en las formaciones Fengshan y Changshan del Cámbrico Superior (Lin, 1983, 1992; Lin en Zhou *et al.*, 1984; Mu *et al.*, 2002), así como los últimos hallazgos del género en el Ordovícico Medio (Xiao & Zhong, 1988).

Zhang & Erdtmann (2004a, 2004b) propusieron recientemente una nueva diagnosis para *Airograptus* basada en 17 fragmentos de colonias relativamente bien conservadas de *A. furciferus* y *A. aff. furciferus*, procedentes de la Biozona de *Airograptus victoriae* (Tremadociense superior) del NE de China. Entre los caracteres genéricos más distintivos, los autores citan el origen alterno de las autotecas a partir de las caras latero-ventrales de estolotecas consecutivas, el desarrollo de procesos peltados prominentes en la apertura de las autotecas y la ausencia de disepimientos auténticos, con posibles relaciones entre estipes contiguas por contacto o anastomosis. Sin embargo, para la revisión diagnóstica del género no se tuvo en

cuenta ningún ejemplar original de la serie tipo de *A. furciferus*, o al menos topotipos de las localidades de Ruedemann (1904, 1947), disponiéndose tan sólo del material del Tremadociense chino *atribuido*, sin evidencias claras, a la especie tipo de *Airograptus* procedente del Arenigiense norteamericano. En este sentido, el auténtico *A. furciferus* continúa siendo un taxón muy mal conocido, restringido en la práctica a los tres ejemplares incompletos ilustrados por su autor (Ruedemann, 1904, 1916, 1947). Pese a su buena conservación, los dos fragmentos chinos de *A. furciferus* figurados por Zhang & Erdtmann (2004a, 2004b) tienen poco en común con el primero de los ejemplares de Ruedemann (1904: fig. 28 y lám. 3 fig. 11), único ilustrado junto con la descripción original y virtual holotipo de la especie, particularmente en lo que respecta al menor espaciamiento de las estipes y a la estructura tecal piritizada en relieve. En cuanto a los restantes ejemplares de Ruedemann (1916, 1947), uno de ellos es una porción de estipe con largos procesos autotecales bifurcados, y el otro una región proximal del rabdosoma con el disco basal de fijación, caracteres ambos no observables en las ilustraciones de Zhang & Erdtmann (2004a, 2004b). No obstante, concordamos con estos autores en que el carácter furcado del proceso apertural de las autotecas de muchos ejemplares de *Airograptus* puede ser una variante tafonómica a partir de procesos peltados originales, que sufren torsión y conservación diferencial de sus extremos distales durante la fosildiagénesis.

El mayor interés de la nueva diagnosis de *Airograptus*, fundada en unos ejemplares chinos atribuidos subjetivamente a la especie tipo del género, es el notable parecido que presenta la estructura de tríadas tecales de uno de ellos (Zhang & Erdtmann, 2004b, fig. 2A-B, 3 y 4) con relación a la de los graptolitos planctónicos primitivos. Es por ello que estos autores proponen como un posible ancestro de *Rhabdinopora* a formas bentónicas del tipo *Airograptus*, una vez descartada su derivación a partir de *Staurograptus* (ex *Radiograptus rosieranus flexibilis*) o a la vista de los problemas que rodean al dendroideo cámbrico *Dictyonema wulingshanense* (Mu): véase Zhang & Erdtmann (2004b).

La objeción principal a esta hipótesis tan atractiva de Zhang & Erdtmann (2004b), es que tampoco debemos excluir la posibilidad de que los fragmentos chinos atribuidos a *A. furciferus* correspondan en realidad a restos de un graptolito planctónico, y no a una forma bentónica del género *Airograptus*. En este sentido, los autores afirman que *Rhabdinopora* difiere de *Airograptus* porque sus aperturas tecales son mucho más simples, pudiendo desarrollar como mucho los rutelos (*rutelli*) autotecales ilustrados por Cooper *et al.* (1998: figs. 9m-n, o, u) en *R. praeparabola*. Sin embargo, con esta simplificación Zhang & Erdtmann (2004b) parecen ignorar el registro de procesos autotecales peltados en ejemplares de *Rhabdinopora*

flabelliformis socialis de Green Point (Terranova, Canadá), descritos por Ruedemann (1947: lám. 2 fig. 15); y también las estipes con tecas espinosas bífidas, asociadas al material tipo de *R. f. canadensis* (Lapworth), en la localidad clásica de Matane (Québec, Canadá). Incluso Bulman (1950) considera como carácter diagnóstico de este último taxón la presencia de “espinas aperturales de 1,4-1,6 mm de longitud, con terminaciones bifurcadas”. Pero las ilustraciones de las mismas (Bulman, 1950: lám. 4 figs. 1-3, 9-11 y lám. 8 fig. 3) corresponden principalmente a fragmentos de estipes aisladas, a los que se suman otras ramas desplazadas o bien dispuestas como estipes marginales de algunos rabdosomas, en orientación inversa a la que normalmente tendrían las aperturas en las estipes marginales de un rabdosoma cónico pendiente. La revisión moderna de *R. f. canadensis* no ha logrado confirmar la presencia de procesos autotecales espinosos en material bien conservado de la sección de Green Point, por lo que Cooper *et al.* (1998: 16) concluyeron que la característica en cuestión “debería de confirmarse en material aislado y bien conservado, antes de que pueda ser tomada como diagnóstica de la subespecie” *R. f. canadensis*. Lo mismo alegamos aquí para el caso inverso, y es que en tanto ello no se aclare, la propia entidad genérica de *Airograptus* con su presunta estructuración tecal en tríadas anisograptidas, dista también de quedar confirmada. La diagnosis genérica revisada que aportan Zhang & Erdtmann (2004a) tampoco es utilizable, ya que la morfología general del rabdosoma y la presencia de procesos autotecales prominentes no es exclusiva de las especies cámbrico-ordovícicas atribuidas a *Airograptus*, sino que son compartidas por una decena de especies ordovícico-silúricas del género *Dictyonema*, de típica arquitectura tecal dendroidea.

Airograptus? guillermoi sp. nov.

(Figs. 13a-c, 16f-h)

v 2003 ?*Dictyonema* sp. 2 (ex “*Airograptus*”); Gutiérrez-Marco & Esteban, 43.

Holotipo: Rabdosoma PIL 13799a, depositado en la colección de paleoinvertebrados Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (Argentina); ilustrado aquí en la Fig. 13c.

Localidad tipo: Peña Negra, en la margen derecha del río Acha-vil, 72 km al oeste de la población de Famatina (La Rioja, Argentina).

Estrato tipo: Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, horizonte situado a 246 m por encima de la base del perfil de Peña Negra. Tremadociense superior basal, Biozona de *Ade-lograptus?*.

Derivación del nombre: La especie está dedicada al investigador del Ordovícico argentino Dr. Guillermo F. Aceñolaza (IN-SUGEO, Tucumán), compañero y amigo de los autores.

Paratipos: Un rabdosoma juvenil PIL 14812 (localidad Peña Negra, nivel de 105 m) y tres estipes maduras aisladas, PIL

14827 (idem., nivel de 110 m), 14813 (idem., nivel de 167 m) y 14814 (idem., nivel de 246 m).

Diagnosis: Rhabdosoma cónico estrecho, con alta densidad de estipes (26-30 en 10 mm) y posibles disepimientos esporádicos. Autotecas con largos procesos bifurcados, cuya longitud representa más de la mitad de la anchura dorso-ventral de la estipe. 20-22 autotecas en 10 mm.

Narrow conical rhabdosome with stipes closely arranged, about 26-30 in 10 mm and sparse ?dissepiments. Mature stipes with long bifurcate autothecal processes, representing more than a half of the dorso-ventral width, and numbering 20-22 in 10 mm.

Descripción: Rhabdosoma cónico alargado y de aspecto masivo; la relación longitud / anchura varía entre 1,4 y 3,5. La longitud

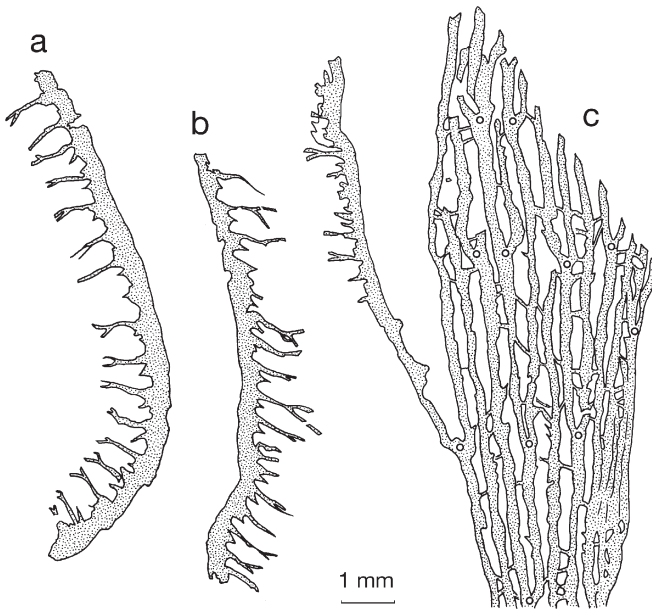


Figura 13. *Airograptus? guillermoi* sp. nov., ejemplares procedentes de la sección de Peña Negra (Formación Volcancito). **a-b**, estipes maduras con largos procesos autotcales bifurcados, ilustradas también en las Figs. 16f-g, respectivamente. **c**, rhabdosoma inmaduro con una estipe torsionada hacia fuera e indicios de posibles disepimientos; los círculos indican la posición de las dicotomías. **a**, Paratipo PIL 14813 (horizonte de 167 m); **b**, Paratipo PIL 14814 (idem. 246 m); **c**, Holotipo PIL 13799a (nivel 246 m).

?Airograptus guillermoi sp. nov., Peña Negra Member of the Volcancito Formation at Peña Negra section. **a-b**, mature stipes with long bifurcate autothecal processes, also illustrated in Figs. 16f and g, respectively. **c**, Immature rhabdosome with a twisted stipe showing autothecal processes, ?dissepiments and dichotomies, the last indicated by small circles. **a**, Paratype PIL 14813 (fossiliferous horizon of 167 m above the base); **b**, Paratype PIL 14814 (idem. 246 m); **c**, Holotype PIL 13799a (level of 246 m).

máxima es de alrededor de 10-14 mm para los restos proximales de rhabdosomas y de 10 mm para las estipes maduras sueltas.

Las estipes miden 0,18-0,2 mm de anchura lateral y se disponen con notable paralelismo y muy juntas entre sí (26-30 en 10 mm), por lo que a veces los interespacios quedan prácticamente obliterados durante la compactación diagenética (Fig. 16h). Por la misma razón, las posibles trazas de disepimientos se reconocen también en forma bastante esporádica (Fig. 13c), disponiéndose en una forma perpendicular u oblicua a las estipes, pero sin aparentar ser espinosos.

En vista lateral, las autotecas se presentan en número de 20-22 en 10 mm. Su rasgo más distintivo es la presencia de largas espinas bífidas en posición apertural a supra-apertural (?). La longitud de cada espina es de alrededor de 0,8-1 mm, superior a la anchura dorsoventral del resto de la estipe (0,5 mm).

Observaciones: La atribución de la nueva especie a *Airograptus* refleja los problemas que subsisten en la propia definición del género, considerado generalmente como un sinónimo posterior de *Dictyonema* (Bulman, 1938, 1970b; Obut, 1964), pero a cuya especie tipo se le han atribuido recientemente caracteres que tal vez sean los de un taxón diferente, incluso un graptolito planctónico primitivo (véase Zhang & Erdtmann, 2004b y nuestra discusión al género).

En cualquier caso, los ejemplares estudiados pertenecen a una forma bentónica con indicios de disepimientos como los de *Dictyonema*, conjugados con unos caracteres aperturales de las autotecas más propios de las especies cámbricas y ordovícicas de *Airograptus*, que constan expresamente en la revisión diagnóstica de Zhang & Erdtmann (2004a). Estos autores atribuyen una morfología peltada a los procesos autotcales observados entre su material, que adquirirían secundariamente un aspecto bifurcado en los casos en que no se conserven sus extremos distales (ventrales). Y todo ello mediando una torsión tafonómica de los procesos que no es extrapolable a las decenas de autotecas conservadas en nuestro material, el cual se halla representado por estipes literalmente contorsionadas con distintas curvaturas dorsales y ventrales (Fig. 13a-b). Es por ello que pensamos que los procesos autotcales de *A. ? guillermoi* sp. nov. habrían sido originalmente espinosos, todo lo más con una expansión ventral peltada muy fina, de la que pudieran conservarse diferencialmente sus bordes laterales espesos a modo de espinas divergentes.

Relaciones y diferencias: El material tipo de *Airograptus furciferus* (véase Ruedemann, 1904: fig. 28 y lám. 3 fig. 11) recuerda bastante a *A. ? guillermoi* sp. nov. por la morfología alargada del rhabdosoma (Fig. 16h) y la gran densidad de estipes. Sin embargo, el número de ramas es notablemente inferior en la especie norteamericana (14 en 10 mm frente a 26-30 en 10 mm en la forma argentina), y lo mismo sucede con el contenido tecal (16 en 10 mm en el material tipo de *A. furciferus*, frente a 20-22 autotecas en 10 mm en los ejemplares estudiados), por citar tan sólo las diferencias más significativas.

Los registros asiáticos de *A. furciferus* proceden de horizontes más antiguos que los del material tipo norteamericano, concretamente de los niveles más elevados con *Rhabdinopora* en torno al límite Tremadociense inferior - superior. Este es el caso también del material argentino, encuadrado en una posición estratigráfica similar, pero aparentemente diferenciable por una mayor espinosidad y densidad tecal. Los ejemplares asiáticos publicados hasta el momento (véanse, entre otros, Obut & Sennikov, 1984; Yu *et al.*, 1985; Wang & Erdtmann, 1987; Mu *et al.*, 2002; Zhang & Erdtmann, 2004a, 2004b) son muy fragmentarios y tampoco pueden asimilarse con seguridad a la especie arenigiense *A. furciferus*. De las formas chinas restantes, *A. digitatus* Lin y *A. sinensis* Weng (redescritas e ilustradas por Mu *et al.*, 2002) difieren del material estudiado por la ramificación más abierta y los procesos digitados en el primer caso, y por una densidad de estipes y tecas bastante menor en el segundo (19-20 estipes en 10 mm frente a 26-30 en la forma argentina, 15-16 autotecas en 10 mm frente a 20-22 en el material examinado). Con todo, *A. sinensis* es una especie que recuerda a grandes rasgos a nuestros ejemplares, debido a su rabdosoma estrecho y compacto, que sin embargo mantiene importantes diferencias biométricas y unos detalles tecales mal conocidos.

Las especies cámbricas *Airograptus anfractus* Lin y *A. longispicus* Lin se distinguen bien de *A.? guillermoi* sp. nov. por la morfología arbustiva del rabdosoma en el primer caso (= *Dendrograptus?*), y por las tecas peltadas prominentes, en el segundo, sin indicios de disepimientos. La ramificación arbustiva de *A. anfractus* resulta en cierto modo comparable a la del material tipo de *Callograptus grabau* Hahn, sinonimizado por Ruedemann (1947, lám. 14, fig. 1-2) con *A. furciferus*. Los ejemplares de Montana descritos por este autor como *A. cf. furciferus* (Ruedemann, 1947: lám. 14 figs. 3-7) tienen un rabdosoma flabelliforme muy semejante al de las especies silúricas de *Dictyonema* atribuidas a *Airograptus* por Ruedemann (1947). Una de ellas, *Dictyonema cervicorne* Holm, tiene una estructura tecal característica, con las bitecas más grandes que las autotecas, lo que se traduce en una relación particular entre las autotecas espinosas y las aperturas notorias de las bitecas en el perfil lateral de la estipe, que posibilitaría interpretar de un modo parecido a las irregularidades observadas en las estipes espinosas aplastadas registradas en la Formación Volcancito. A diferencia de *D. cervicorne*, caracterizado en el Silúrico de Gotland (Suecia: Bulman, 1933, con referencias previas), *A.? guillermoi* sp. nov. tiene una malla mucho más compacta y carece de procesos espinosos en los disepimientos y en la cara dorsal de las estipes (véase Bulman, 1933: lám. 3 figs. 1-10). En cierto modo, algunas estipes de la forma nueva argentina recuerdan vagamente a *Dictyonema bitubulata* Rickards, Hamedí & Wright, una especie del Arenigiense tardío de Irán cuyas largas bitecas se presentan aisladas

y se proyectan hasta 0,5 mm (Rickards *et al.*, 2001: figs. 5c y 5f). El estado de conservación de nuestro material no permite saber si parte de las proyecciones observadas corresponden a bitecas aisladas, pero lo que es seguro es que *A.? guillermoi* sp. nov. tiene numerosos procesos espinosos (simples o bifurcados) que no son homologables con proyecciones tecales.

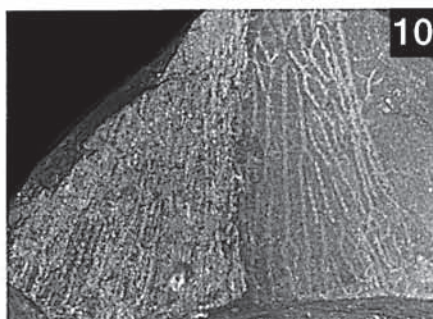
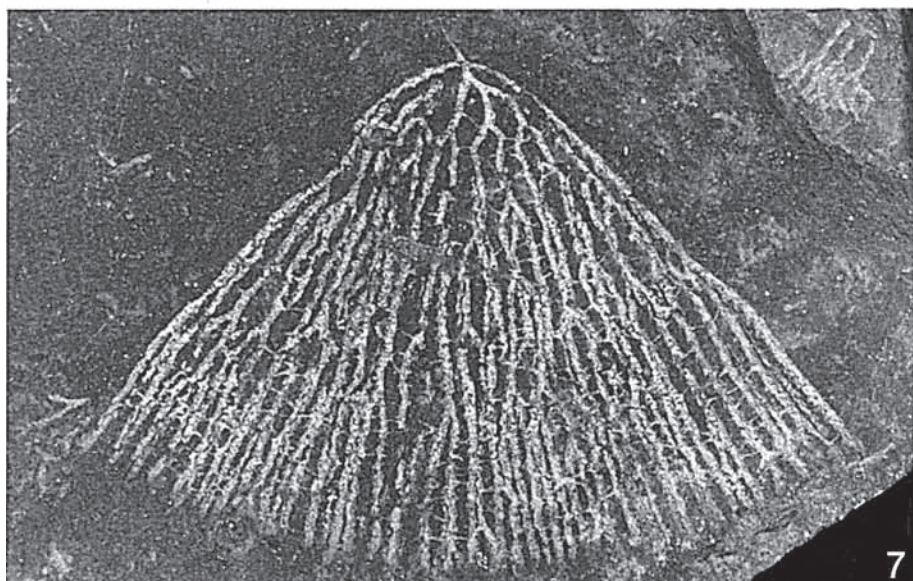
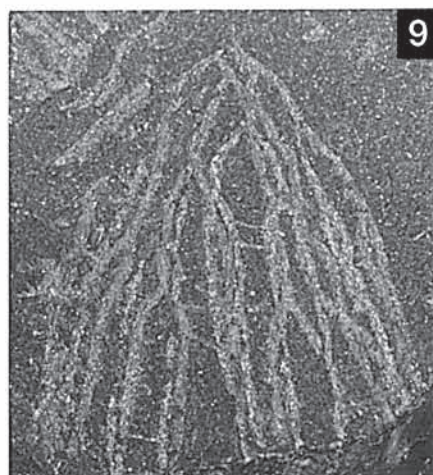
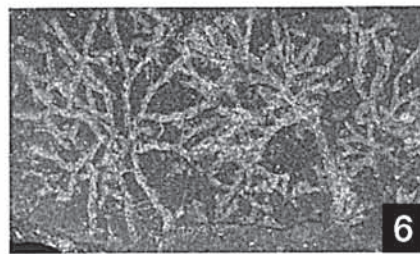
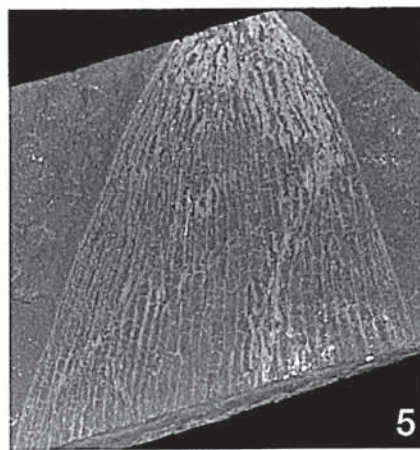
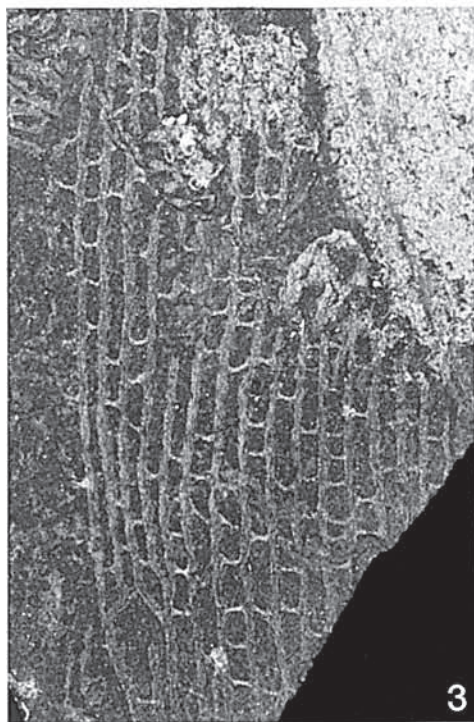
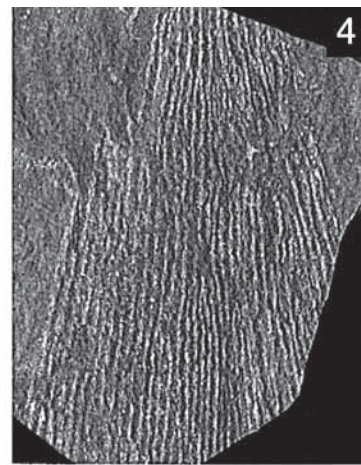
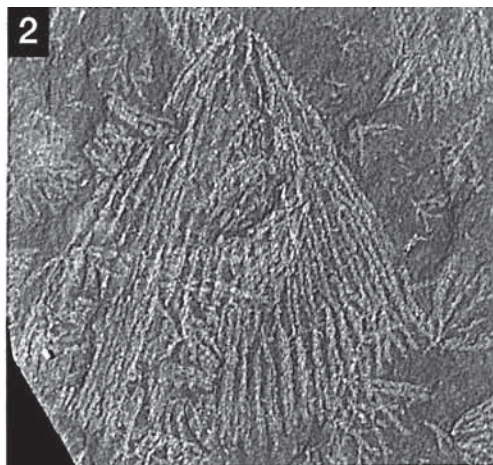
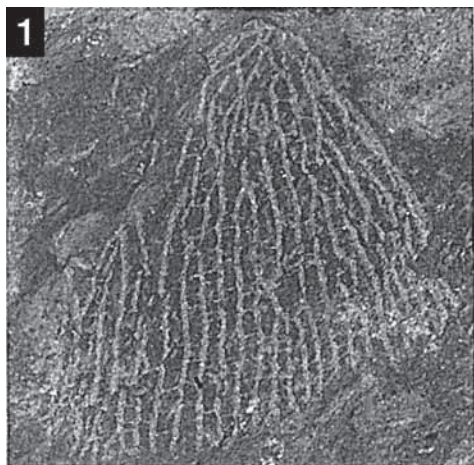
En cuanto a la similitud morfológica de la especie argentina con determinadas formas planctónicas hay que citar, en primer lugar, a algunos ejemplares bien conservados de *Rhabdinopora? enigma* Cooper & Stewart, que presentan también espinas simples o divididas, asociadas posiblemente con aperturas autotecales. Sin embargo, el aspecto de tales espinas es muy diferente a las de *A.? guillermoi* sp. nov., al ser más delgadas y poder coalescer entre sí desde la misma estipe o entre estipes adyacentes (ver Cooper & Stewart, 1979: figs. 3h y 3j). Por lo que respecta al material canadiense de *Rhabdinopora flabelliformis* con tecas espinosas bifidas, citado por Ruedemann (1947: lám. 2 fig. 15) y Bulman (1950: lám. 4 figs. 1-3, 9-11 y lám. 8 fig. 3) en un contexto ecostratigráfico y temporal estrechamente comparable con el de *A.? guillermoi* sp. nov., apuntamos la posibilidad de que el mismo pueda corresponder a fragmentos de estipes de un graptolito bentónico semejante al aquí descrito, que concurriría en superposición palimpséstica con rabdosomas planctónicos de *Rhabdinopora*.

Distribución: Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, horizontes de 105, 110, 167 y 246 m. Parte alta del Tremadociense inferior (Biozona de *R. f. anglica*) a parte baja del Tremadociense superior (Biozona de *Adelograptus?*).

Además de los hallazgos de Famatina, *A.? guillermoi* sp. nov., o una forma muy próxima al mismo, podría estar representada en la parte inferior de la Biozona de *Anisograptus matanensis* en Canadá (Terranova y Québec), a través de ciertos ejemplares previamente atribuidos a *Rhabdinopora* por Ruedemann (1947) y Bulman (1950).

CONCLUSIONES

Se identifican y describen diversos graptolitos planctónicos obtenidos en las secciones clásicas del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, tras un muestreo capa a capa a lo largo de unos 400 m de sucesión de pizarras negras graptolíticas. Además de confirmarse la presencia de formas ya citadas como *Rhabdinopora flabelliformis*, *R. f. anglica*, *R. f. socialis* y *Anisograptus matanensis*, *R. f. bryograptoides?*, *R. cf. enigma* y *Bryograptus?* sp. se describen por vez primera en la unidad. La forma *Rhabdinopora flabelliformis famatinensis* se opta por restringirla al holotipo por causa de su mala caracterización taxonómica y la imposibilidad de adscribir nuevo material a la especie. Se definen dos nuevos taxones,



Rhabdinopora turneri sp. nov. y *R. flabelliformis acenolazai* subsp. nov., que se parecen mucho a sendas formas primitivas del Tremadociense basal, pero que en realidad tienen dimensiones distintas y proceden de horizontes mucho más modernos (posteriores a la aparición del desarrollo proximal trirradiado).

En algunos tramos de la sección de Peña Negra se registraron restos transportados de graptolitos bentónicos, identificados y descritos aquí como *Dendrograptus* sp. (primera cita del género en Sudamérica) y *Dictyonema* sp. nov. 1, además de las nuevas especies *Aspidograptus cuerdaei* sp. nov. y *Aspidograptus? guillermoi* sp. nov. La presencia de *Pseudocallograptus?* sp. se discute con referencia a los datos proporcionados por autores previos. El estudio adicional del primer graptolito bentónico encontrado en la Formación Bordo Atravesado, *Dictyonema?* sp. cf. *D. cordillerensis*, completa el conocimiento de los graptolitos dendroideos del Tremadociense del Sistema de Famatina. Si exceptuamos los hallazgos en ambas formaciones, los graptolitos bentónicos son tremendamente escasos en el Ordovícico sudamericano, y se limitan a escasas citas en Precordillera (Peralta, 1986; Ortega, 1987; Cuerda *et al.*, 1983, 1998, 2004; Brussa, 1997; Toro & Brussa, 2003), Cordillera Oriental (Moya *et al.*, 1994, 2003a, 2003b, 2003e; Malanca, 2002) y Puna (Malanca *et al.*, 1998), además de en Perú (Steinmann, 1929; Bulman, 1931; Lemon & Cranswick, 1956) y Venezuela (Hughes, 1980), en gran parte sin descripciones o ilustraciones del material paleontológico.

La revisión taxonómica de los diferentes graptolitos identificados en la Formación Volcancito se complementa con el establecimiento de sinonimias pormenorizadas para los hallazgos realizados con anterioridad en las secciones estudiadas, ampliándolas además a todo el continente americano para el caso de las nuevas formas descritas.

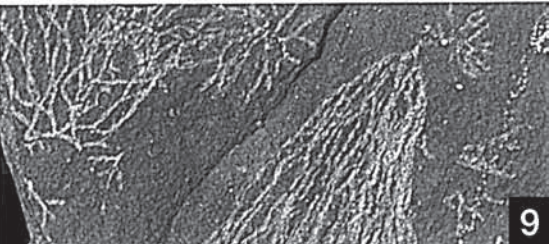
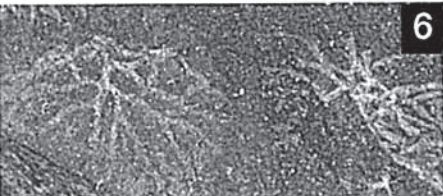
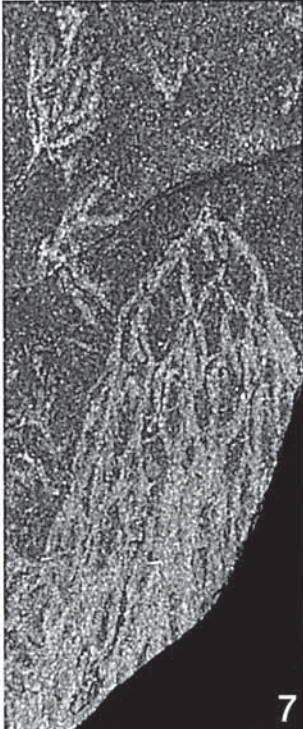
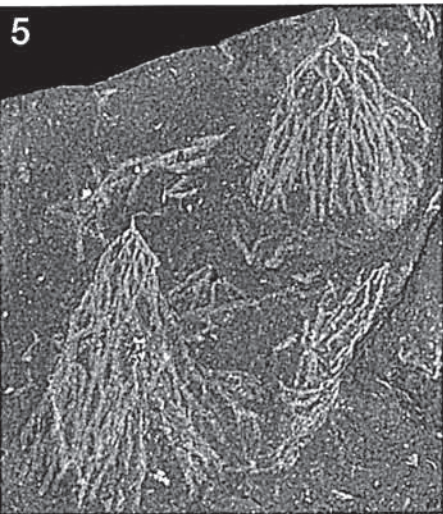
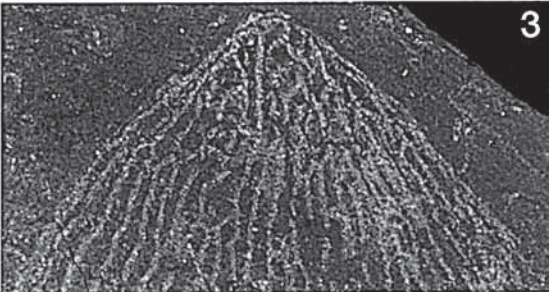
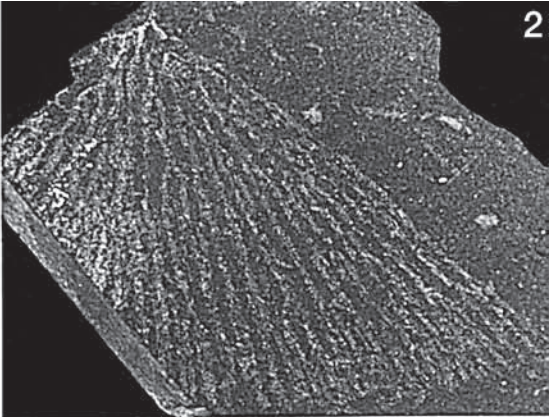
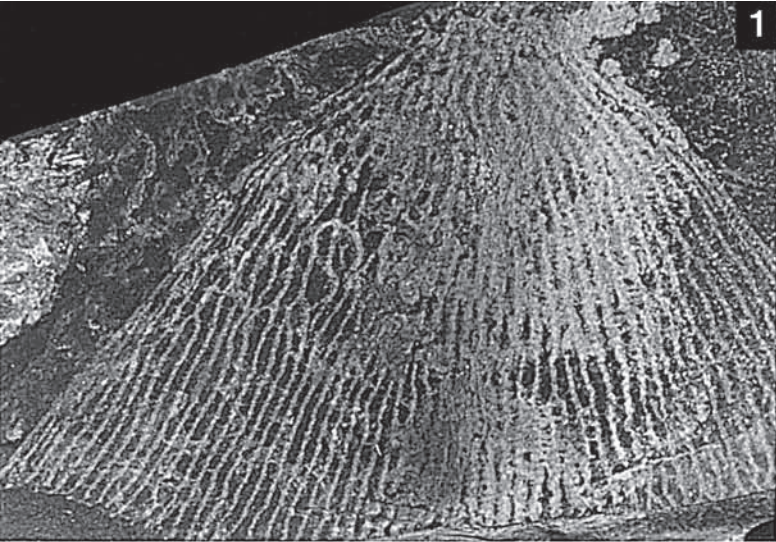
Desde el punto de vista bioestratigráfico y biocronológico,

los resultados obtenidos fundamentan la correlación de la Formación Volcancito en virtud de las asociaciones evolutivas y cronozonas globales de graptolitos del Tremadociense, que a su vez permiten reevaluar todas las dataciones e identificaciones previas realizadas en la unidad. Las asociaciones graptolíticas de la parte baja del Miembro Peña Negra pertenecen a las cronozonas de *A. matanensis* and *R. f. anglica*, indicativas del Tremadociense superior tardío (A2). Los dos tercios restantes del Miembro Peña Negra se correlacionan probablemente con el Tremadociense superior temprano (*cronozona de Adelograptus?*, A3), en ausencia de asociaciones batipelágicas típicas con adelograptidos de estipes finas, o de formas epipelágicas de aguas cálidas como *Psigraptus*. Tal atribución tentativa a la cronozona de *Adelograptus* se apoya también en los fósiles del Tremadociense superior identificados en la Formación Bordo Atravesado suprayacente, donde se registran conodontos de la Biozona de *Paltodus deltifer* y graptolitos de la Biocronozona de *Kiaerograptus* (A4): Albanesi *et al.* (2000b, 2001, 2005).

El presente estudio completa el conocimiento de las biozonas de graptolitos del Tremadociense argentino y sudamericano (Aceñolaza & Durand, 1983, 1984; Moya *et al.*, 1994, 1998; Ortega & Suárez-Soruco, 1994; Erdtmann *et al.*, 1995; Maletz & Ortega, 1995; Maletz *et al.*, 1999; Ortega & Albanesi, 2002; Benedetto *et al.*, 2002; Albanesi & Ortega, 2002; Maletz & Egenhoff, 2001, 2003; Egenhoff *et al.*, 2004), y la sucesión del Sistema de Famatina se propone aquí como patrón para la correlación internacional del Tremadociense inferior en Argentina.

Otra aplicación del estudio bioestratigráfico se refiere a la correlación del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito en ambas secciones estudiadas, que se han revelado representativas de intervalos cronológicos distintos. En este sentido, las pizarras negras graptolíticas de la sucesión de Peña Negra (260 m: Tremadociense inferior a

Figura 14. Graptolitos planctónicos del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, secciones de Río Volcancito (ejemplares a y d) y Peña Negra (ejemplares b-c y e-j), Tremadociense. Rhabdosomas comprimidos en vista lateral excepto f (vista dorsal discoide). – **a-c**, *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald, 1840): **a**, PIL 13971, base de la sección (x 2,1); **b**, PIL 13790, horizonte de 246 m (x 2,1); **c**, PIL 13786, horizonte de 27 m, detalle de la malla (x 3,3). – **d-e**, *Rhabdinopora flabelliformis socialis* (Salter, 1858): **d**, PIL 13778, horizonte de 3.30 m (x 1,6); **e**, PIL 13775, horizonte de 27 m (x 1,45). – **f**, *Rhabdinopora flabelliformis* (Eichwald, 1840) subsp. indet.: estadios juveniles de desarrollo en preservación discoide, PIL 14822, horizonte de 167 m (x 2,5). – **g**, *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* subsp. nov.: rhabdosoma juvenil designado como holotipo, PIL 14482, horizonte de 246 m (x 3). – **h-j**, *Rhabdinopora flabelliformis anglica* (Bulman, 1927): **h**, PIL 14504, horizonte de 167 m (x 3,3); **i**, PIL 14505, horizonte de 167 m (x 3,85); **j**, PIL 14502, horizonte de 45 m (x 1,2). *Tremadocian graptolites from the Peña Negra Member of the Volcancito Formation, sections of Río Volcancito (a and d) and Peña Negra (b-c and e-j). All rhabdosomes in lateral view, except of fig. 6 in discoidal (= dorsally compressed) view.* – **a-c**, *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald, 1840): **a**, PIL 13971, from the base of the section (x 2.1); **b**, PIL 13790, horizon of 246 m (x 2.1); **c**, PIL 13786, detail of the mesh, horizon of 27 m (x 3.3). – **d-e**, *Rhabdinopora flabelliformis socialis* (Salter, 1858): **d**, PIL 13778, horizon of 3.30 m (x 1.6); **e**, PIL 13775, horizon of 27 m (x 1.45). – **f**, *Rhabdinopora flabelliformis* (Eichwald, 1840) subsp. indet.: Developmental juvenile stages preserved in dorsal (discoidal) view, PIL 14822, horizon of 167 m (x 2.5). – **g**, *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* subsp. nov.: Holotype, young rhabdosome PIL 14482 – see also Text-fig. 5, horizon of 246 m (x 3). – **h-j**, *Rhabdinopora flabelliformis anglica* (Bulman, 1927): **h**, PIL 14504, horizon of 167 m (x 3.3); **i**, PIL 14505, horizon of 167 m (x 3.85); **j**, PIL 14502, horizon of 45 m (x 1.2).



superior basal?) serían más antiguas que las de la misma unidad en el río Volcancito (180 m: Tremadociense superior). La ausencia de un obvio solapamiento permite incrementar por vez primera el espesor mínimo, asignado al Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, en torno a los 400-440 m. La extensión del Tremadociense basal al Miembro Filo Azul de la Formación Volcancito, y del Tremadociense superior a la Formación Bordo Atravesado, implica por lo tanto un espesor mínimo de 500 m para los materiales de dicha edad en el Sistema de Famatina. Ello posibilita deducir una tasa media de sedimentación desmesurada, superior incluso a los 0,1 mm compactados por año calculados por Astini (2003) para el Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, y sobre todo si tenemos en cuenta que las condiciones normales de sedimentación para pizarras negras graptolíticas implican una acumulación media de 1-10 mm cada 10.000 años. Aún así, la gran potencia local de los materiales tremadocienses es comparable a la de ciertos contextos perigondwánicos coetáneos, como por ejemplo los de la Cordillera Oriental argentino-boliviana, norte de África y Europa central.

Las lutitas negras graptolíticas de la Formación Volcancito se depositaron en fondos anóxicos profundos (de plataforma externa a planicie cuencal) en el margen de Gondwana occidental, previamente al nacimiento y emersión del Arco Volcánico Famatinense. El desarrollo de condiciones anóxicas tuvo que ver con la aparición de un área de afloramiento oceánica con elevada productividad orgánica, la cual constituyó un hábitat favorable para los rhabdinoporínidos holo- y mesopelágicos, además de favorecer el desarrollo de algunas formas endémicas. La presencia de graptolitos bentónicos, transportados por corrientes desde la plataforma, no es un hecho infrecuente en Asia y Norteamérica, en ambientes profundos comparables con los estudiados.

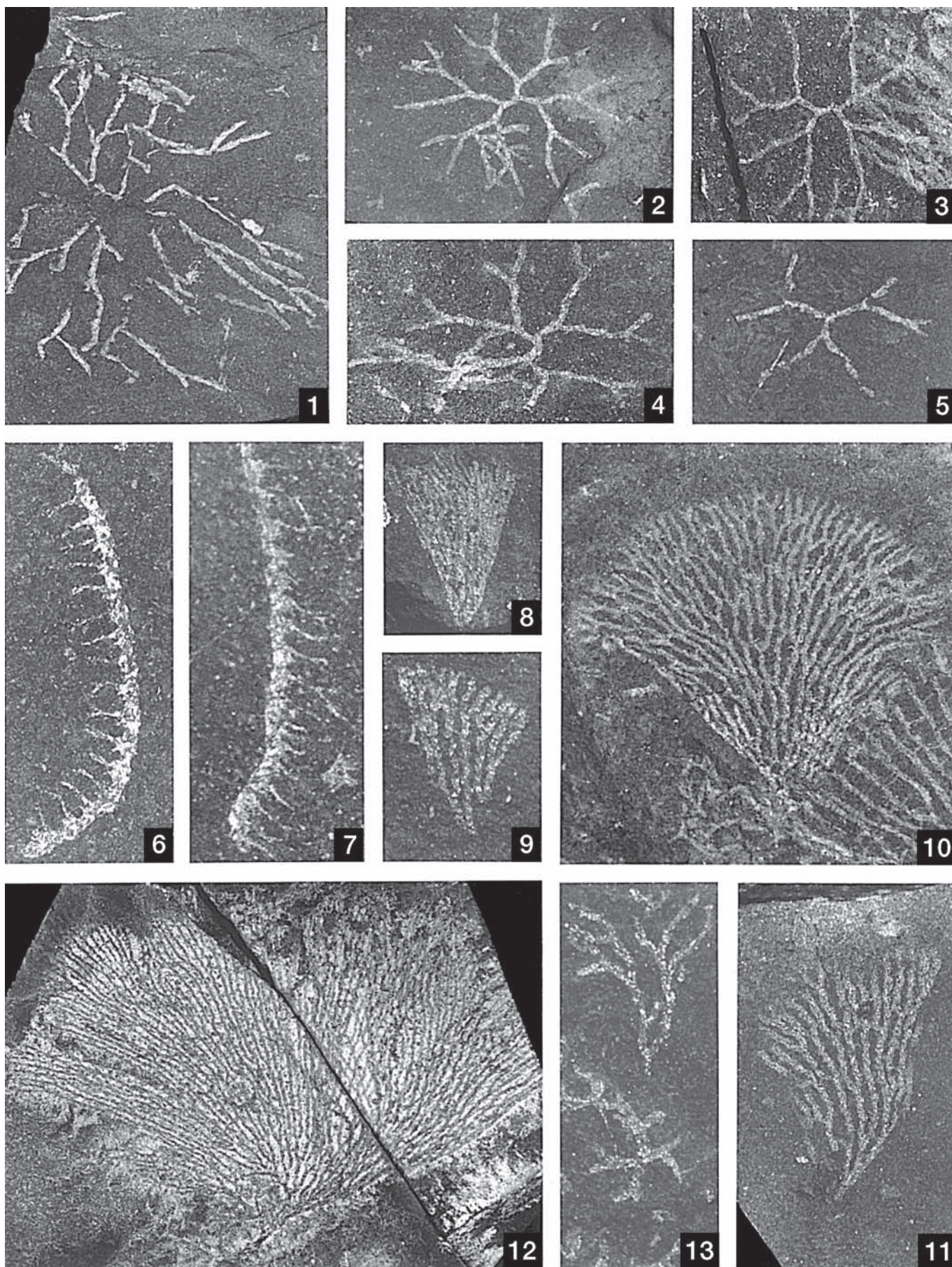
AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración prestada por el Prof. F.G. Aceñolaza (CONICET-Universidad Nacional de Tucumán), por poner a nuestra disposición todos los medios y facilidades del Instituto Superior de Correlación Geológica, y a los Prof. A. Cuerda (La Plata) y B.-D. Erdtmann (Berlín), quienes se encargaron de la revisión crítica del manuscrito, manteniendo este último ciertas reservas sobre los nuevos taxones planctónicos. Al arquitecto Daniel Ruiz Holgado (Tucumán) por las ilustraciones del mapa y la columna; al Dr. R. Gozalo (Valencia) por la cuidada y prolija revisión editorial; a Uly Martín y Carlos Alonso (Madrid) por las fotografías. Este trabajo es una contribución surgida del proyecto "Dinámica faunística perigondwánica", del Programa de Cooperación Científica con Iberoamérica del antiguo Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España, y constituye también una contribución al proyecto IGCP 503 (Ordovician palaeogeography and palaeoclimate) del Programa Internacional de Geociencias (IUGS-UNESCO).

BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, F.G. 1992. El Sistema Ordovícico de Latinoamérica. In: *Paleozoico Inferior de Iberoamérica* (Eds. J.C. Gutiérrez-Marco, J. Saavedra & I. Rábano). Universidad de Extremadura, 85-118.
- Aceñolaza, F.G. & Aceñolaza, G.F. 1992. The genus *Juuyaspis* as a world reference fossil for the Cambrian-Ordovician boundary. In: *Global perspectives on Ordovician Geology* (Eds. B.D. Webby & J.R. Laurie). Balkema, Rotterdam, 115-120.
- Aceñolaza, F.G. & Durand, F. 1983. Observaciones sobre la fauna graptolítica tremadociana del Famatina, La Rioja. *Correlación Geológica, Tucumán*, **1**, 129-131.
- Aceñolaza, F.G. & Durand, F. 1984. Observaciones sobre la fauna graptolítica tremadociana del Famatina, provincia

Figura 15. Graptolitos planctónicos del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito, secciones de Río Volcancito (a-c) y Peña Negra (d-i). Rhabdosomas comprimidos en vista lateral excepto f e i, con colonias preservadas oblicuamente. – **a-c**, *Rhabdinopora flabelliformis acenolazai* subsp. nov.: **a**, paratipo PIL 14488, horizonte de 3.30 m (x 1.6); **b**, paratipo PIL 14485, horizonte de 3.30 m (x 2,25); **c**, paratipo PIL 14483, base de la sección (x 2,1). – **d-i**, *Rhabdinopora turneri* sp. nov.: **d**, rhabdosomas orientados apicalmente en un posible sinrhabdosoma, paratipos PIL 14490, horizonte de 9 m (x 2,1); **e**, paratipos PIL 14489, algo distorsionados durante la compactación diagénica, horizonte de 4 m (x 2,3); **f**, dos colonias jóvenes, la de la izquierda mostrando la estructura cuadrirradiada preservada oblicuamente, paratipos PIL 14498, horizonte de 246 m (x 3); **g**, paratipo PIL 14500, horizonte de 150 m (x 4); **h**, grupo de rhabdosomas, PIL 14491 con holotipo (abajo a la derecha) y paratipos, horizonte de 9 m (x 3,3); **i**, paratipos 14501, horizonte de 246 m (x 1,8). *Tremadocian graptolites from the Peña Negra Member of the Volcancito Formation, sections of Río Volcancito (a to c) and Peña Negra (d to i). Rhabdosomes in lateral view, with some obliquely preserved specimens in figs. f and i. – a-c, Rhabdinopora flabelliformis acenolazai subsp. nov.: a, Paratype PIL 14488, from the horizon of 3.30 m above the base of the section (x 1.6); b, Paratype PIL 14485, from the same horizon (x 2.25); c, Paratype PIL 14483, base of the section (x 2.1). – d-i, Rhabdinopora turneri sp. nov.: d, A somewhat distorted ?synrhabdosome grouping, paratypes PIL 14490, from the horizon of 9 m above the base of the section (x 2.1); e, Paratypes PIL 14489, distorted specimens showing loose flexuous stipes – see also Figs. 6d and 6h, from the horizon of 4 m (x 2.3); f, Two young colonies, on the left obliquely preserved showing quadriradiate structure, PIL 14498, from horizon of 246 m (x 3); g, Paratype PIL 14500, from horizon of 150 m (x 4); h, Group of specimens on the bedding plane, PIL 14491 with holotype down to the right and paratypes – see also Figs. 6a-b, from the horizon of 9 m (x 3.3); i, Paratypes 14501, from the horizon of 246 m (x 1.8).*



- de La Rioja. *Actas IX Congreso Geológico Argentino*, Bariloche, **4**, 267-276.
- Aceñolaza, F.G. & Esteban, S. 1996. Filocáridos (Crustacea) en el Tremadociano del Sistema de Famatina, provincia de La Rioja, Argentina. *Memorias del XII Congreso Geológico Boliviano*, Tarija, **1**, 281-288.
- Aceñolaza, F.G. & Gutiérrez-Marco, J.C. 2000. Graptolitos de la Formación Portezuelo de las Minutas (Ordovícico Inferior) del Sistema de Famatina, La Rioja, Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba*, **64**, 17-26.
- Aceñolaza, F.G. & Toselli, A. 1981. *Geología del Noroeste Argentino*. Publicación de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, **1287**, 1-212.
- Aceñolaza, F.G. & Toselli, A. 1988. El Sistema de Famatina, Argentina: su interpretación como orógeno en el margen continental activo. *Actas V Congreso Geológico Chileno*, Santiago, **1**, A55-A67.
- Aceñolaza, F.G. & Toselli, A.J. 2000. Argentine Precordillera: allochthonous or autochthonous Gondwanic? *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, Teil I*, **1999**, 743-755.
- Aceñolaza, F.G., Gorustovich, S. & Solís, J. 1976. El Ordovícico del río La Alumbrera, Departamento Tinogasta, Provincia de Catamarca. *Ameghiniana*, **13**, 269-288.
- Aceñolaza, F.G., Miller, H. & Toselli, A., Eds. 1996. Geología del Sistema de Famatina. *Münchener Geologische Hefte, Allgemeine Geologie*, **A19**, 1-410.
- Aceñolaza, F.G., Buatois, L.A., Mángano, M.G., Esteban, S.B., Tortello, M.F. & Aceñolaza, G.F. 1999. Cámbrico y Ordovícico del noroeste argentino. In: *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos). *Anales del Instituto de Geología y Recursos Minerales*, Servicio Geológico Minero Argentino, **29**, 169-187.
- Aceñolaza, F.G., Miller, H. & Toselli, A. 2000. The Pampean and Famatinian cycles - superposed orogenic events in west Gondwana. *Zeitschrift für Angewandte Geologie, Sonderheft*, **1**, 337-344.
- Aceñolaza, F.G., Miller, H. & Toselli, A. 2002. Proterozoic-Early Paleozoic evolution in western South America -a discussion. *Tectonophysics*, **354**, 121-137.
- Aceñolaza, F.G., Miller, H. & Toselli, A. 2003. Reply to the Discussion to "Proterozoic-Early Paleozoic evolution in western South America -a discussion" by Astini and Rapalini. *Tectonophysics*, **366**, 149-150.
- Aceñolaza, G.F., Tortello, M. & Esteban, S.B. 1996. Oxygen deficient facies of Lower Paleozoic age in northwestern Argentina. *Correlación Geológica, Tucumán*, **12**, 15-21.
- Aceñolaza, G.F., Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I. & Díaz Martínez, E. 1999. Las lumaquelas de la Formación Sella (Ordovícico de la Cordillera Oriental boliviana) y su interés paleobiogeográfico. *Actas del XIV Congreso Geológico Argentino*, Salta, **1**, 355-458.
- Aceñolaza, G.F., Milana, J.P., Heredia, S. & Simoes, M. 2003. Stratigraphical and biostratigraphical framework of the Angosto de La Quesera conglomerate complex (Cordillera Oriental of Salta): an incised valley system in the Tremadocian of NW Argentina. In: *Ordovician from the Andes* (Eds. G.L. Albanesi, M.S. Beresi & S.H. Peralta). *Correlación Geológica, Tucumán*, **17**, 365-370.
- Albanesi, G.L. & Ortega, G. 2002. Advances on conodont-graptolite biostratigraphy of the Ordovician System of Argentina. *Correlación Geológica, Tucumán*, **16**, 143-166.
- Albanesi, G.L., Esteban, S.B. & Barnes, C.R. 1999. Conodontes del intervalo del límite Cámbrico-Ordovícico en la Formación Volcancito, Sistema de Famatina, Argentina. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, Madrid, **26**, 521-526.
- Albanesi, G.L., Barnes, C.R. & Hünicken, M.A. 2000a. Conodont paleobiogeography of the Iapetus Ocean in

Figura 16. Graptolitos planctónicos (a-e) y bentónicos (f-m) procedentes del Miembro Peña Negra de la Formación Volcancito en la sección de Peña Negra: Tremadociense. – **a-e**, *Anisograptus matanensis* Ruedemann, 1937: **a**, rabdosoma de aspecto flexuoso por distorsión dorsolateral, PIL 14511, horizonte de 105 m (x 2,5); **b**, PIL 14512, horizonte de 110 m (x 3,7); **c**, PIL 14513, horizonte de 25 m (x 4,4); **d**, PIL 14806, horizonte de 110 m (x 5); **e**, PIL 14809, horizonte de 10 m (x 3,7). – **f-h**, *Airograptus? guillermoi* sp. nov.: **f**, estipe madura aislada, en preservación lateral, mostrando espinas tecales bífidas, paratipo PIL 14813, horizonte de 167 m (x 8,7); **g**, otra estipe con idénticos caracteres, paratipo PIL 14814, horizonte de 246 m (x 10); **h**, rabdosoma juvenil, paratipo PIL 14812, horizonte de 105 m (x 3,9). – **i-k**, *Dictyonema* sp. nov. 1: **i**, fragmento proximal PIL 14817, horizonte de 27 m (aprox. x 5,5); **j**, colonia adulta PIL 14821, horizonte de 246 m (x 3,6); **k**, colonia juvenil PIL 14816, horizonte de 27 m (x 2,4). – **l**, *Aspidograptus cuerdaei* sp. nov.: rabdosoma adulto PIL 14815, horizonte de 27 m (x 2). – **m**, *Dendrograptus* sp.: fragmento de rabdosoma (arriba) asociado con una colonia juvenil cuadrirradiada de *Rhabdinopora* sp. en preservación discoidal (abajo); PIL 14818, horizonte de 246 m (x 7,5). *Planktic (figs. a to e) and benthic (figs. f to m) Tremadocian graptolites from the Peña Negra Member of the Volcancito Formation, Peña Negra section.* – **a-e**, *Anisograptus matanensis* Ruedemann, 1937: **a**, Adult rhabdosome with distorted stipes, PIL 14511, from the horizon of 105 m above the base (x 2.5); **b**, PIL 14512, horizon of 110 m (x 3.7); **c**, PIL 14513, horizon of 25 m (x 4.4); **d**, PIL 14806, horizon of 110 m (x 5); **e**, young stage of a typical triradiate specimen, but with long primary stipes, PIL 14809, horizon of 10 m (x 3.7). – **f-h**, ?*Airograptus guillermoi* sp. nov.: **f**, lateral view of mature stipe showing the bifid autothecal spines, paratype PIL 14813, horizon of 167 m (x 8.7); **g**, another stipe with the same autothecal morphology, paratype PIL 14814, horizon of 246 m (x 10); **h**, young rhabdosome, paratype PIL 14812, horizon of 105 m (x 3.9). – **i-k**, *Dictyonema* sp. nov. 1: **i**, proximal fragment PIL 14817, horizon of 27 m (ca. x 5.5); **j**, adult rhabdosome PIL 14821, horizon of 246 m (x 3.6); **k**, young rhabdosome PIL 14816, horizon of 27 m (x 2.4). – **l**, *Aspidograptus cuerdaei* sp. nov.: adult rhabdosome PIL 14815, horizon of 27 m (x 2). – **m**, *Dendrograptus* sp.: fragment of rhabdosome (above) with a quadriradiate developmental stage of *Rhabdinopora* sp. in discoidal view (below), PIL 14818, horizon of 246 m (x 7.5).

- the Cambrian-Ordovician boundary interval. *Abstracts Volume, 31st International Geological Congress*, Rio de Janeiro, Edición única en CD-ROM.
- Albanesi, G.L., Esteban, S.B., Hünicken, M.A. & Barnes, C.R. 2000b. Las biozonas de conodontes de la Formación Volcancito (Cámbrico tardío-Ordovícico temprano), Sistema de Famatina, noroeste de Argentina. *Ameghiniana*, **37** (4-suplemento), 5R.
- Albanesi, G.L., Ortega, G. & Zeballo, F. 2001. Late Tremadocian conodont-graptolite biostratigraphy from NW Argentine basins. *The Guide Book, Abstracts & Ordovician-Silurian correlation chart for the joint Field Meeting of IGCP 410 and IGCP 421 in Mongolia*, 121-123.
- Albanesi, G.L., Esteban, S.B., Ortega, G., Hünicken, M.A. & Barnes, C.R. 2005. Bioestratigrafía y ambientes sedimentarios de las Formaciones Volcancito y Bordo Atravesado (Cámbrico Superior-Ordovícico Inferior), Sistema de Famatina, Provincia de La Rioja, Argentina. In: *Geología de la Provincia de La Rioja (Precámbrico-Paleozoico Inferior)* (Eds. J. Dahlquist, C. Rapela & E. Baldo). Publicación Especial de la Asociación Geológica Argentina.
- Alonso, R.N., Malanca, S. & Sureda, R.J. 1982. Consideraciones sobre el Ordovícico en la sierra de Aguilar, Jujuy, Argentina. *Revista del Instituto de Ciencias Geológicas, Jujuy*, **5**, 15-37.
- Álvaro, J.J., Vennin, E., Moreno-Eiris, E., Perejón, A. & Bechthardt, T. 2000. Sedimentary patterns across the Lower-Middle Cambrian transition in the Esla nappe (Cantabrian Mountains, northern Spain). *Sedimentary Geology*, **137**, 43-61.
- Astini, R.A. 1999. El Ordovícico del Sistema del Famatina. In: *Relatorio del XIV Congreso Geológico Argentino*, Salta (Eds. G. González Bonorino, R. Omarini & J. Viramonte). *Geología del Noroeste Argentino*, **1**, 152-159.
- Astini, R.A. 2001a. Paleoenvironmental reconstruction and paleoclimatic implications of a perigondwanic Cambrian-Ordovician mixed carbonate-siliciclastic succession in Famatina, western Argentina. In: *Abstracts Book, Official Business Meeting and Field excursion of the Subcommission on Ordovician Stratigraphy* (Ed. N. Hamoumi), Rabat, 31-32.
- Astini, R.A. 2001b. Las algas calcáreas *Nuia* y *Girvanella* a través de la transición cambro-ordovícica (Formación Volcancito) en el Famatina: significado paleoambiental y paleogeográfico. *Ameghiniana*, **38**, 243-255.
- Astini, R.A. 2003. Chapter 1. The Ordovician Proto-Andean basins. In: *Ordovician fossils of Argentina* (Ed. J.L. Benedetto). Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, 1-74.
- Astini, R.A. & Dávila, A.F. 2000. Event layer sedimentology in a Cambrian-Ordovician mixed platform (Volcancito Formation), Famatina System, western Argentina. *Resúmenes II Congreso Latinoamericano de Sedimentología y VIII Reunión Argentina de Sedimentología*, Mar del Plata, 38-39.
- Astini, R.A. & Dávila, A.F. 2004. Ordovician back arc foreland and Ocolytic thrust belt development on the western Gondwana margin as a response to Precordillera terrane accretion. *Tectonics*, **23**, TC4008, 1-19.
- Astini, R.A. & Rapalini, A.E. 2003. "Proterozoic-Early Paleozoic evolution in western South America -a discussion" in: *Tectonophysics*, 354: 121-137 (2002). *Tectonophysics*, **366**, 143-148.
- Astini, R.A., Benedetto, J.L. & Vaccari, N.E. 1995. The early Paleozoic evolution of the Argentine Precordillera as a Laurentian rifted, drifted, and collided terrane: A geodynamic model. *Geological Society of America Bulletin*, **107**, 253-273.
- Astini, R.A., Dávila, F.M. & Carrera, M.G. 2000. *Nuia* y *Girvanella* en la transición cambro-ordovícica (Formación Volcancito) en el Famatina, La Rioja, Argentina. *Ameghiniana*, **37** (4-suplemento), 6R.
- Astini, R.A., Dávila, F.M., Rapela, C.W., Pankhurst, R.J. & Fanning, C.M. 2003. Ordovician back-arc clastic wedge in the Famatina Ranges: new ages and implications for reconstruction of the proto-Andean Gondwana margin. In: *Ordovician from the Andes* (Eds. G.L. Albanesi, M.S. Beresi & S.H. Peralta). *Correlación Geológica, Tucumán*, **17**, 375-380.
- Baldo, E.G., Fanning, C.M., Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Casquet, C. & Galindo, C. 2003. U-Pb SHRIMP dating of rhyolite volcanism in the Famatinian belt and K-bentonites in the Precordillera. In: *Ordovician from the Andes* (Eds. G.L. Albanesi, M.S. Beresi & S.H. Peralta). *Correlación Geológica, Tucumán*, **17**, 185-189.
- Benedetto, J.L. 1998. Early Palaeozoic brachiopods and associated shelly faunas from western Gondwana: their bearing on the geodynamic history of the pre-Andean margin. In: *The Proto-Andean Margin of Gondwana* (Eds. R.J. Pankhurst & C.W. Rapela). *Geological Society, London, Special Publications*, **142**, 57-83.
- Benedetto, J.L. 2001. Una fauna de braquiópodos arenigianos (Ordovícico temprano) en rocas volcanoclásticas de la Puna occidental de Argentina: implicaciones paleoclimáticas y paleogeográficas. *Ameghiniana*, **38**, 131-146.
- Benedetto, J.L. 2003a. Chapter 3. Paleobiogeography. In: *Ordovician fossils of Argentina* (Ed. J.L. Benedetto). Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, 91-109.
- Benedetto, J.L. 2003b. Chapter 7. Brachiopods. In: *Ordovician fossils of Argentina* (Ed. J.L. Benedetto). Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, 187-271.
- Benedetto, J.L., Sánchez, T.M., Carrera, M.G., Brussa, E.D. & Salas, M.J. 1999. Paleontological constraints on successive paleogeographic positions of Precordillera terrane during the Early Paleozoic. In: *Laurentia-Gondwana Connections before Pangea* (Eds. V.A. Ramos & J.D. Keppie). *Geological Society of America, Special Paper*, **336**, 21-42.
- Benedetto, J.L., Brussa, E.D. & Pompei, J.F. 2002. El Ordovícico de la región de Susques-Huancar (Puna oriental de Jujuy): precisiones sobre su edad y significado estratigráfico. *Actas del XV Congreso Geológico Argentino*, El Calafate, **1**, 572-577.
- Bengtson, P. 1988. Open nomenclature. *Palaeontology*, **31**, 223-227.

- Berry, W.B.N. 1960. *Graptolite faunas from the Marathon region, west Texas*. The University of Texas, Publication 6005, 1-179.
- Berry, W.B.N. 1962. Stratigraphy, zonation, and age of Schaghticoke, Deepkill, and Normanskill Shales, Eastern New York. *Geological Society of America Bulletin*, **73**, 695-718.
- Bodenbender, G. 1911. Constitución geológica de la parte meridional de La Rioja y regiones limítrofes, República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba*, **19**, 5-221.
- Bodenbender, G. 1912. Parte meridional de la provincia de La Rioja y regiones limítrofes. *Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Buenos Aires*, **7**, 9-165.
- Bodenbender, G. 1916. El Nevado de Famatina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Buenos Aires*, **21**, 100-182.
- Bodenbender, G. 1922. El Nevado de Famatina. *Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía y Minería, Buenos Aires*, **16**, 1-68.
- Bouček, B. 1957. The dendroid graptolites of the Silurian of Bohemia. *Rozprawy Ústředního Ústavu Geologického*, **23**, 1-294.
- Braithwaite, L.F. 1976. Graptolites from the Lower Ordovician Pogonip Group of Western Utah. *The Geological Society of America, Special Paper*, **166**, 1-106.
- Brussa, A.D. 1997. Graptolitos del Arenigiano tardío-Llanvirniano de la Formación Sierra de la Invernada, Precordillera occidental sanjuanina. Parte 1. *Ameghiniana*, **34**, 357-372.
- Buatois, L.A., Moya, M.C., Mángano, M.G., Malanca, S., Albanesi, G.L. & Ortega, G. 2003. Paleoenvironmental and sequence stratigraphic framework of the Cambrian-Ordovician transition in the Angosto del Moreno Area, Northwest Argentina. In: *Ordovician from the Andes* (Eds. G.L. Albanesi, M.S. Beresi & S.H. Peralta). *Correlación Geológica, Tucumán*, **17**, 397-401.
- Buggisch, W., Bordonaro, O.L., Cañas, F., Gosen, W. v., Keller, M., Krumm, S., Lehnert, O. & Loske, W. 2000. Sedimentary and structural evolution of the Argentine Precordillera - A key to the history of an exotic terrane. *Zeitschrift für Angewandte Geologie, Sonderheft*, **1**, 355-362.
- Bulman, O.M.B. 1927. A monograph of British dendroid graptolites. Part 1. *Palaeontographical Society Monographs* (for 1925), 1-28.
- Bulman, O.M.B. 1931. South American graptolites with special reference to the Nordenskjöld Collection. *Arkiv för Zoologi*, **22A** (3), 1-111.
- Bulman, O.M.B. 1933. On the graptolites prepared by Holm. VI. Structural characters of some *Dictyonema* and *Desmograptus* species from the Ordovician and Silurian rocks of Sweden and the East Baltic region. *Arkiv för Zoologi*, **26A** (5), 1-52.
- Bulman, O.M.B. 1934. A monograph of British dendroid graptolites. Part 3. *Palaeontographical Society Monographs* (for 1932), xxxiii-lx, 65-92.
- Bulman, O.M.B. 1938. Graptolithina. In: *Handbuch der Paläozoologie - Band 2D* (Ed. O.H. Schindewolf). Gebrüder Borntraeger, Berlin, D1-D92.
- Bulman, O.M.B. 1941. Some Dichograptids of the Tremadocian and Lower Ordovician. *Annals and Magazine of Natural History [11]*, **7**, 100-121.
- Bulman, O.M.B. 1950. Graptolites from the *Dictyonema* Shales of Quebec. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **106**, 63-99.
- Bulman, O.M.B. 1954. The graptolite fauna of the *Dictyonema* Shales of the Oslo region. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, **33**, 1-40.
- Bulman, O.M.B. 1966. *Dictyonema* from the Tremadocian of Estonia and Norway. *Geological Magazine*, **103**, 407-413.
- Bulman, O.M.B. 1970a. A new *Dictyonema* Fauna from the Salmien of the Stavelot Massif (with a preface by F. Geukens). *Bulletin de la Société belge de Géologie, Paléontologie et Hydrogéologie*, **79**, 213-224.
- Bulman, O.M.B. 1970b. Graptolithina, with sections of Enteropneusta and Pterobranchia. In: *Treatise on Invertebrate Paleontology, vol. V* (2nd. ed) (Ed. R.C. Teichert). The Geological Society of America and the University of Kansas Press, Lawrence, xxxii + 163 pág.
- Bulman, O.M.B. 1971. Some species of *Bryograptus* and *Pseudobryograptus* from Northwest Europe. *Geological Magazine*, **108**, 361-371.
- Bulman, O.M.B. & Rickards, R.B. 1966. A revision of Wiman's dendroid and tuboid graptolites. *Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala*, **43**, 1-72.
- Bulman, O.M.B. & Rushton, A.W.A. 1973. Tremadoc faunas from boreholes in central England. *Bulletin of the Geological Survey of Great Britain*, **43**, 1-40.
- Casquet, C., Baldo, E.G., Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Galindo, C., Fanning, C.M. & Saavedra, J. 2001. Involvement of the Argentine Precordillera terrane in the Famatinian mobile belt: U-Pb SHRIMP and metamorphic evidence from the Sierra de Pie de Palo. *Geology*, **29**, 703-706.
- Chapman, A.J., Durman, P.N. & Rickards, R.B. 1996. A provisional classification of the graptolite Order Dendroidea. *Paläontologisches Zeitschrift*, **70**, 189-202.
- Chen, J.-y., Zhou, Z.-y., Zou, X.-p., Lin, Y.-k., Yang, X.-c., Li, Z.-k., Qi, D.-l., Wang, S.-h., Xu, H.-z. & Zhu, X.-d. 1980a. Outline of Ordovician deposits and faunas in Shandong, N. Anhui and N. Jiangsu, E. China. *Memoirs of the Nanjing Institute of Geology and Palaeontology*, **16**, 159-195 (en chino).
- Chen, J.-y., Zhou, Z.-y., Zou, X.-p., Lin, Y.-k., Yang, X.-c., Wang, Q.-c., Qi, J.-k., Wang, Q.-z. & Lu, X.-l. 1980b. Ordovician sediments and faunas in the Taihang mountains, north China. *Memoirs of the Nanjing Institute of Geology and Palaeontology*, **16**, 111-152 (en chino).
- Cooper, R.A. 1979. Sequences and correlation of Tremadoc graptolite assemblages. *Alcheringa*, **3**, 7-19.
- Cooper, R.A. 1998. Towards a general model for the depth ecology of graptolites. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, **23**, 161-163.

- Cooper, R.A. 1999. Ecostratigraphy, zonation and global correlation of earliest Ordovician planktic graptolites. *Lethaia*, **32**, 1-16.
- Cooper, R.A. & Lindholm, K. 1990. A precise worldwide correlation of early Ordovician graptolite sequences. *Geological Magazine*, **127**, 497-525.
- Cooper, R.A. & Stewart, I. 1979. The Tremadoc graptolite sequence of Lancefield, Victoria. *Palaeontology*, **22**, 767-797.
- Cooper, R.A., Maletz, J., Wang, H.-f. & Erdtmann, B.-D. 1998. Taxonomy and evolution of earliest Ordovician graptoloids. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, **78**, 3-32.
- Cooper, R.A., Nowlan, G.S. & Williams, S.H. 2001. Global Stratotype Section and Point for base of the Ordovician System. *Episodes*, **24**, 19-28.
- Cooper, R.A., Maletz, J., Taylor, L. & Zalasiewicz, J.A. 2004. Graptolites: Patterns of diversity across paleolatitudes. In: *The Great Ordovician Biodiversification Event* (Eds. B.D. Webby, F. Paris, M. Droser & I.G. Percival). Columbia University Press, New York, 281-293.
- Cuerda, A., Cingolani, C.A. & Varela, R. 1983. Las graptofaunas de la Formación Los Sombreros, Ordovícico inferior, de la vertiente oriental de la Sierra del Tontal, Precordillera de San Juan. *Ameghiniana*, **20**, 239-260.
- Cuerda, A.J., Caballé, M., Cingolani, C. & Alfaro M. 1998. Ordovician (Caradoc) dendroids and their stratigraphic relationships, northeastern Argentine Precordillera. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, **23**, 164-169.
- Cuerda, A.J., Caballé, M. & Alfaro, M. 2004. Bioestratigrafía de la Formación Las Vacas (Ordovícico - Precordillera Argentina) basada en graptofaunas. Relaciones con el diastrofismo guandacólico. *Ameghiniana*, **41**, 25-44.
- Destombes, J., Hollard, H & Willefert, S. 1985. Lower Palaeozoic rocks of Morocco. In: *Lower Palaeozoic rocks of the world*, vol. 4 (Ed. C.H. Holland). John Wiley & sons, New York, 91-336.
- Egenhoff, S.O., Maletz, J. & Erdtmann, B.-D. 2004. Lower Ordovician graptolite biozonation and lithofacies of southern Bolivia: relevance for palaeogeographic interpretations. *Geological Magazine*, **141**, 287-299.
- Eichwald, E. 1840. *Über das silurische Schichtensystem in Esthland*. St. Petersburg, 210 pp.
- Erdtmann, B.-D. 1982a. Palaeobiogeography and environments of planktic dictyonemid graptolites during the earliest Ordovician. In: *The Cambrian-Ordovician boundary: sections, fossil distributions, and correlations* (Eds. M.G. Bassett & W.T. Dean). *National Museum of Wales, Geological Series*, **3**, 9-27.
- Erdtmann, B.-D. 1982b. A reorganization and proposed phylogenetic classification of planktic Tremadoc (early Ordovician) dendroid graptolites. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, **62**, 121-144.
- Erdtmann, B.-D. 1986. Comments on some earliest Ordovician (Salmien) graptolites from Solwaster, Massif de Stavelot, Belgian Ardennes. *Aardkundige Mededelingen*, **3**, 75-88.
- Erdtmann, B.-D. 1988a. Graptolite-based correlation of earliest Ordovician in eastern North American marginal sequences with coeval successions in northern China and Oslo, Norway. *Bulletin of the New York State Museum*, **462**, 33-42.
- Erdtmann, B.-D. 1988b. The earliest Ordovician nematophorid graptolites: taxonomy and correlation. *Geological Magazine*, **125**, 327-348.
- Erdtmann, B.-D. 2001. The "middle" Tremadoc *Peltocare* Event (PRE): A possible cause for the first major crisis in planktic graptolite evolutionary history. *Paleobios*, **21**, 2nd Supplement, 3-4.
- Erdtmann, B.-D. & Botsford, J.W. 1986. A new early Tremadoc (La1) graptolite faunule from western Newfoundland: its Australian affinity and biofacies relations. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **23**, 766-773.
- Erdtmann, B.-D. & Comeau, D.J. 1980. A new *Anisograptus* faunule from the Goodwin Formation (Tremadoc, Early Ordovician) of central Nevada and the Cambrian-Ordovician boundary. *Journal of Paleontology*, **54**, 719-727.
- Erdtmann, B.-D., Kley, J., Müller, J. & Jacobshagen, V. 1995. Ordovician basin dynamics and new graptolite data from the Tarija Region, Eastern Cordillera, South Bolivia. In: *Ordovician Odyssey* (Eds. J.D. Cooper, M.L. Droser & S.C. Finney). The Pacific Section Society for Sedimentary Geology, Fullerton, **Book 77**, 69-73.
- Esteban, S.B. 1992. Presencia de *Plesioparabolina* sp. (Trilobita) en la Formación Volcancito (Tremadociano), quebrada del Portezuelo de La Alumbra, Sistema de Famatina, Argentina. *Correlación Geológica, Tucumán*, **9**, 57-61.
- Esteban, S.B. 1993. Litofacies de plataforma en la Formación Volcancito (Tremadociano), flanco oriental de la sierra de Famatina, La Rioja, Argentina. *Actas XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Mendoza, **1**, 116-120.
- Esteban, S.B. 1994. Oxygen-deficient facies in the Early Ordovician of the Famatina System, La Rioja province, NW Argentina. *Abstracts 14th International Sedimentological Congress*, Recife, A-10.
- Esteban, S.B. 1996a. El Tremadociano del Sistema de Famatina, Argentina. *Correlación Geológica, Tucumán*, **12**, 261-262.
- Esteban, S.B. 1996b. Los primeros trilobites ciclopígididos en el Ordovícico de Argentina (Formación Volcancito, Sistema de Famatina). *Ameghiniana*, **33**, 57-64.
- Esteban, S.B. 1999a. *Estratigrafía, Geología Sedimentaria y Paleontología del Ordovícico basal del Sistema de Famatina*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Tucumán, 1-189 (inédita).
- Esteban, S.B. 1999b. Cyclopygid trilobites and associated facies from the Ordovician of the Famatina basin (North-western Argentina): Paleogeographic and evolutionary implications. *Acta Universitatis Carolinae, Geologica*, **43**, 377-379.
- Esteban, S.B. 2001. Estructuras biogénicas en facies de grano fino del Tremadociano Superior (Sistema de Famatina, La Rioja, Argentina). *Resúmenes IV Reunión Argentina de Icnología y II Reunión de Icnología del Mercosur*, Tucumán, 40.
- Esteban, S.B. 2002. The Early Ordovician in the Sistema de Famatina: Stratigraphic and geotectonic framework.

- In: *Aspects of the Ordovician System in Argentina* (Ed. F.G. Aceñolaza). *Correlación Geológica, Tucumán*, **16**, 27-40.
- Esteban, S.B. 2003. Biogenic and physical sedimentary structures in latest Cambrian-earliest Ordovician mudrock facies (Famatina Range, Northwestern Argentina). *Geologica Acta*, **1**, 85-94.
- Esteban, S.B. & Gutiérrez-Marco, J.C. 1997. Graptolitos del Tremadoc del Sistema de Famatina (Argentina). In: *XIII Jornadas de Paleontología & V Reunión Internacional del Proyecto 351 PICG* (Eds. A. Grandal d'Anglade, J.C. Gutiérrez-Marco, J.C. & L. Santos Fidalgo), La Coruña, 59-63.
- Esteban, S.B. & Rigby, J.K. 1998. Hexactinellid sponges from the Lower Tremadocian Volcancito Formation, Famatina Range, Northwestern Argentina. *Brigham Young University, Geology Studies*, **43**, 1-7.
- Esteban, S.B. & Zimmermann, U. 2002. Tremadocian successions at the border of Gondwana (northwestern Argentina): Initiation of the evolution of retro-arc basins? *Abstracts 16th International Sedimentological Congress*, South Africa, 94-95.
- Esteban, S.B., Tortello, M.F., Mángano, M.G., Buatois, L. A. & Aceñolaza, F.G. 1999. Bioestratigrafía del Paleozoico inferior del Sistema del Famatina. In: *Relatorio del XIV Congreso Geológico Argentino*, Salta (Eds. G. González Bonorino, R. Omarini & J. Viramonte). *Geología del Noroeste Argentino*, **1**, 217-223.
- Fanning, C.M., Pankhurst, R.J., Rapela, C.N., Baldo, E.G., Casquet, C. & Galindo, C. 2004. K-bentonites in the Argentine Precordillera contemporaneous with rhyolite volcanism in the Famatinian Arc. *Journal of the Geological Society, London*, **161**, 747-756.
- Feng, H. & Erdtmann, B.-D. 1999. The early Tremadoc graptolite sequence in the Wuning area, South China and its international correlation. *Acta Universitatis Carolinae, Geologica*, **43**, 21-24.
- Fernández Fernández, A. & Moro Benito, M.C. 1996. Presencia de *Girvanella* y trazas fósiles en los ironstones ordovícicos y metasedimentos encajantes de la provincia de Zamora (España). *Geogaceta*, **19**, 87-90.
- Finney, S., Gleason, J., Gehrels, G., Peralta, S. & Aceñolaza, G. 2003a. Early Gondwanan Connection for the Argentine Precordillera Terrane. *Earth and Planetary Science Letters*, **205**, 349-359.
- Finney, S., Gleason, J., Gehrels, G., Peralta, S. & Vervoort, J.D. 2003b. U/Pb geochronology of detrital zircons from Upper Ordovician Las Vacas, La Cantera, and Empozada formations, NW Argentina. In: *Ordovician from the Andes* (Eds. G.L. Albanesi, M.S. Beresi & S.H. Peralta). *Correlación Geológica, Tucumán*, **17**, 191-196.
- Finney, S.C., Gleason, J.D., Gehrels, G.E., Peralta, S. & Aceñolaza, G. 2004. Corrigendum to "Early Gondwanan Connection for the Argentine Precordillera Terrane". *Earth and Planetary Science Letters*, **219**, 413.
- Finney, S.C., Peralta, S., Gehrels, G. & Marsaglia, K. 2005. The Early Paleozoic history of the Cuyania (greater Precordillera) terrane of western Argentina: evidence from geochronology of detrital zircons from Middle Cambrian sandstones. *Geologica Acta*, en prensa.
- Fortey, R.A. 1984. Global earlier Ordovician transgressions and regressions and their biological implications. In: *Aspects of the Ordovician System* (Ed. D.L. Bruton). *Palaeontological Contributions of the University of Oslo*, **295**, 37-50.
- Fortey, R.A. & Cooper, R.A. 1986. A phylogenetic classification of the graptoloids. *Palaeontology*, **29**, 631-654.
- Fortey, R.A. & Owens, R.M. 1978. Early Ordovician (Arenig) stratigraphy and faunas of the Carmarthen district, southwest Wales. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology*, **30**, 225-294.
- Fortey, R.A., Landing, E. & Skevington, D. 1982. Cambrian-Ordovician boundary sections in the Cow Head Group, western Newfoundland. In: *The Cambrian-Ordovician boundary: sections, fossil distributions, and correlations* (Eds. M.G. Bassett & W.T. Dean). *National Museum of Wales, Geological Series*, **3**, 95-129.
- Fortey, R.A., Harper, D.A.T., Ingham, J.K., Owen, A.W. & Rushton, A.W.A. 1995. A revision of Ordovician series and stages from the historical type area. *Geological Magazine*, **132**, 15-30.
- Galindo, C., Casquet, C., Rapela, C., Pankhurst, R.J., Baldo, E. & Saavedra, J. 2004. Sr, C and O isotope geochemistry and stratigraphy of Precambrian and Lower Paleozoic carbonate sequences from the western Sierras Pampeanas of Argentina: Tectonic implications. *Precambrian Research*, **131**, 55-71.
- Ganis, G.R., Williams, S.H. & Repetski, J.E. 2001. New biostratigraphic information from the western part of the Hamburg klippe, Pennsylvania, and its significance for interpreting the depositional and tectonic history of the klippe. *Geological Society of America Bulletin*, **113**, 109-128.
- Gradstein, F.M. & Ogg, J.G. 2004. Geologic Time Scale 2004 – why, how, and where next!. *Lethaia*, **37**, 175-181.
- Gradstein, F.M., Finney, S.C., Lane, R. & Ogg, J.G. 2003. ICS on stage. *Lethaia*, **36**, 371-378.
- González Barry, C. & Alonso, R. 1984. Nuevos graptolitos del Tremadociano superior del norte de Argentina. *Memorias del III Congreso Latinoamericano de Paleontología*, México, 62-67.
- Gurley, R.R. 1896. North American Graptolites, part 1. *Journal of Geology*, **4**, 63-102.
- Gutiérrez-Marco, J.C. & Esteban, S.B. 2003. Reappraisal of the Tremadocian graptolite sequence of the Famatina System, NW Argentina. In: *Proceedings of the 7th International Graptolite Conference* (Eds. G. Ortega & G.F. Aceñolaza). *Correlación Geológica, Tucumán*, **18**, 39-44.
- Gutiérrez-Marco, J.C. & Esteban, S.B. 2004. Los graptolitos del Paleozoico Inferior de la sierra de Famatina. In: *Simposio Bodenbender* (Eds. F.G. Aceñolaza, G.F. Aceñolaza, M. Hünicken & A.J. Toselli). *INSUGEO Miscelánea*, **13**, 35.
- Gutiérrez-Marco, J.C. & Lenz, A.C. 1998. Graptolite synrhizoids: biological or taphonomic entities? *Paleobiology*, **24**, 37-48.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Carlotto, V., Cárdenas, J., Finney, S.C.,

- Rábano, I., Villas, E. & Herrera, Z. 2004. Paleontología y rasgos paleobiogeográficos del Ordovícico del sur de Perú. In: *Resúmenes Extendidos XII Congreso Peruano de Geología* (Eds. J. Dávila, V. Carlotto & A. Chalco). Sociedad Geológica del Perú, Publicación Especial 6, 455-458.
- Hall, J. 1862. *Report of the superintendent of the Geological Survey, exhibiting the progress of the work. January 1, 1861 (including descriptions of new species of fossils from the investigations of the survey)*. Wisconsin Geological Survey, Madison, 1-52.
- Harrington, H.J. & Leanza, A.F. 1957. Ordovician trilobites of Argentina. *Department of Geology, University of Kansas, Special Publication*, **1**, 1-276.
- Hernández Sampelayo, P. 1915. Fósiles de Galicia. Nota sobre la fauna paleozoica de la provincia de Lugo. *Boletín del Instituto Geológico de España*, **36**, 277-303.
- Huff, W.D., Bergström, S.M., Kolata, D.R., Cingolani, C. & Astini, R.A. 1998. Ordovician K-bentonites in the Argentine Precordillera: relations to Gondwana margin evolution. In: *The Proto-Andean Margin of Gondwana* (Eds. R.J. Pankhurst & C.W. Rapela). Special Publication of the Geological Society, London, **142**, 107-126.
- Huff, W.D., Bergström, S.M., Kolata, D.R., Cingolani, C., Krekeler, M.P. & Prokopenko, M. 2003. Ordovician K-bentonites in the Argentine Precordillera and their relation to Laurentian volcanism. In: *Ordovician from the Andes* (Eds. G.L. Albanesi, M.S. Beresi & S.H. Peralta). *Correlación Geológica, Tucumán*, **17**, 197-202.
- Hughes, C.P. 1980. A brief review of the Ordovician faunas of northern South America. *Actas II Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, y I Congreso Latinoamericano de Geología*, Buenos Aires 1978, **1**, 11-22.
- IUGS. 2004. *International Stratigraphic Chart* (produced by J.G. Ogg). International Commission on Stratigraphy. www.stratigraphy.org/cheu.pdf; *A Geological Time Scale 2004* (produced by F.M. Gradstein and 38 coll.). Geological Survey of Canada, Miscellaneous Report 86.
- Jackson, D.E. & Lenz, A.C. 2000. Some graptolites from the late Tremadoc and early Arenig of Yukon, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **37**, 1177-1193.
- Jin, Y-q. & Wang, X-f. 1977. The discovery of graptolites in the Baishuxi Formation of the Early Ordovician in central Hunan and the multiramous graptolites in the Qiaotingzi Formation. *Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology*, Beijing, **3**, 74-85 (en chino).
- Keller, M. 1999. Argentine Precordillera: Sedimentary and plate tectonic history of a Laurentian crustal fragment in South America. *Geological Society of America, Special Paper*, **341**, 1-131.
- Koukharsky, M., Torres Claro, R., Etcheverría, M., Vaccari, N. & Waisfeld, B. 1996. Episodios volcánicos del Tremadociano y del Arenigiano en Vega Pinato, Puna salteña, Argentina. *Actas XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Buenos Aires, **5**, 535-542.
- Landing, E. 1993. Cambrian-Ordovician boundary in the Taconic allochthon, eastern New York, and its interregional correlation. *Journal of Paleontology*, **67**, 1-19.
- Lavandaio, E. 1971. Hallazgo de graptolites arenigianos en el Ordovícico de la sierra del Famatina, La Rioja, Rep. Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **26**, 527.
- Lavandaio, E. 1973. Geología del sector Cerro Tolar-Cuchilla Negra, Sierra del Famatina, La Rioja, Argentina. *Actas V Congreso Geológico Argentino*, Buenos Aires, **4**, 41-54.
- Legrand, P. 1973. Resultats récents sur le problème de la limite Cambrien-Ordovicien au Sahara Algerien Septentrional. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturel d'Afrique du Nord*, **64**, 159-180.
- Lemon, R.R.H. & Cranswick, J.S. 1956. Graptolites from Huacar, Peru. *Publicaciones del Museo de Historia Natural "Javier Prado" [C -Geología]*, **5**, 1-32.
- Lenz, A.C. & Kozłowska-Dawidziuk, A. 2002. Upper Homerian (upper Wenlock, Silurian) graptolites from Arctic Canada. *Journal of Paleontology*, **76**, 321-346.
- Lin, Y.-k. 1983. Upper Cambrian dendroid graptolites from the Taizihe valley, Liaoning. *Acta Palaeontologica Sinica*, **22**, 262-277.
- Lin, Y.-k. 1992. Dendroid graptolites from Changshan Formation (Late Cambrian) of Xiyushan Mountain, Tangshan, Hebei. *Acta Palaeontologica Sinica*, **31**, 100-107.
- Linnemann, U., Elicki, O. & Gaitzsch, B. 2003. Die Stratigraphie des Saxothuringikums. *Geologica Saxonica*, **48-49**, 29-70.
- Malanca, S. 2002. Trilobites del límite Cámbrico-Ordovícico en El Angosto del Moreno, Cordillera Oriental argentina. *Resúmenes VIII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Corrientes, 87-88.
- Malanca, S., Monteros, J.A. & Moya, M.C. 1998. Nuevos datos paleontológicos de la Formación Las Vicuñas (Tremadoc temprano), Puna occidental argentina. *Resúmenes VII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Bahía Blanca, 90.
- Maletz, J. & Egenhoff, S.O. 2001. Late Tremadoc to early Arenig graptolite faunas of southern Bolivia and their implications for a worldwide biozonation. *Lethaia*, **34**, 47-62.
- Maletz, J. & Egenhoff, S.O. 2003. Lower to Middle Ordovician graptolite biostratigraphy of southern Bolivia. *Revista Técnica de YPF*, **21**, 103-115.
- Maletz, J. & Ortega, G. 1995. Ordovician graptolites of South America: Palaeogeographic implications. In: *Ordovician Odyssey* (Eds. J.D. Cooper, M.L. Droser & S.C. Finney). The Pacific Section Society for Sedimentary Geology, Fullerton, book **77**, 189-192.
- Maletz, J., Egenhoff, S.O. & Erdtmann, B.-D. 1999. Late Tremadoc to early Arenig graptolite succession of southern Bolivia. *Acta Universitatis Carolinae, Geologica*, **43**, 29-32.
- Mángano, M.G. & Buatois, L.A. 1996. Shallow marine event sedimentation in a volcanic arc-related setting: the Ordovician Suri Formation, Famatina Range, northwest Argentina. *Sedimentary Geology*, **105**, 63-90.
- Mángano, M.G., Astini, R.A., Buatois, L.A. & Dávila, F. 2002. The Ordovician System in the Famatina Belt: Depositional and Tectonic evolution. In: *Aspects of the*

- Ordovician System in Argentina* (Ed. F.G. Aceñolaza). *Correlación Geológica, Tucumán*, **16**, 295-312.
- Mannheim, R. 1993. Génesis de las volcanitas eopaleozoicas del Sistema del Famatina, Noroeste de Argentina. *Actas XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, Mendoza, **4**, 147-155.
- Matthews, S.C. 1973. Notes on open nomenclature and on synonymy lists. *Palaeontology*, **16**, 713-719.
- McCormick, T. & Fortey, R.A. 1999. The most widely distributed trilobite species: Ordovician *Carolinites genacina*. *Journal of Paleontology*, **73**, 202-218.
- Miller, J.F. & Stitt, J.H. 1995. Stratigraphic position and significance of *Jujuyaspis* and *Iapetognathus* in the Wilberns Formation, Texas. In: *Ordovician Odyssey* (Eds. J.D. Cooper, M.L. Droser & S.C. Finney). Pacific Section Society for Sedimentary Geology, Fullerton, book **77**, 105-108.
- Miller, S.A. 1889. *North American Geology and Paleontology*. Western Methodist Book Concern, Cincinnati, 1-664.
- Monteros, J.A. 1999. *Anisograptus delicatulus* Cooper & Stewart en la Sierra de Mojotoro, Cordillera Oriental Argentina. Implicancias bioestratigráficas. *Actas XIV Congreso Geológico Argentino*, Salta, **1**, 50-51.
- Moya, M.C. & Albanesi, G.L. 2000. New stratigraphic section to define the Cambrian-Ordovician boundary in Eastern Cordillera, northwest Argentina. In: *Cambrian from the southern edge* (Eds. G.F. Aceñolaza & S. Peralta). *Instituto Superior de Correlación Geológica, Tucumán, Miscelánea* **6**, 114-116.
- Moya, M. C., Malanca, S., Monteros, J.A. & Cuerda, A. 1994. Bioestratigrafía del Ordovícico inferior en la Cordillera Oriental argentina basada en graptolites. *Revista Española de Paleontología*, **9**, 91-104.
- Moya, M.C., Monteros, J.A. & Monaldi, C.R. 1998. Graptolite dating of a Lower Ordovician unconformity in the Argentinian Andes. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, **23**, 227-230.
- Moya, M.C., Malanca, S. & Monteros, J.A. 2003a. The Cambrian-Tremadocian units of the Santa Victoria Group (northwestern Argentina): a new correlation scheme. In: *Ordovician from the Andes* (Eds. G.L. Albanesi, M.S. Beresi & S.H. Peralta). *Correlación Geológica, Tucumán*, **17**, 105-111.
- Moya, M.C., Malanca, S., Monteros, J.A., Albanesi, G.L., Ortega, G. & Buatois, L.A. 2003b. Late Cambrian -Tremadocian faunas and events from Angosto del Moreno Section, Eastern Cordillera, Argentina. In: *Ordovician from the Andes* (Eds. G.L. Albanesi, M.S. Beresi & S.H. Peralta). *Correlación Geológica, Tucumán*, **17**, 439-444.
- Moya, M.C., Monteros, J.A., Malanca, S. & Albanesi, G.L. 2003c. The Mojotoro Range, Eastern Cordillera, Salta Province. In: *Ordovician and Silurian of the Cordillera Oriental and Sierras Subandinas, NW Argentina. Field Trip Guide* (Eds. M.C. Moya, G. Ortega, J.A. Monteros, S. Malanca, G.L. Albanesi, L.A. Buatois & F.J. Zeballo, F.J.). *Instituto Superior de Correlación Geológica, Tucumán, Miscelánea* **11**, 17-22 y 59-64.
- Moya, M.C., Malanca, S., Monteros, J.A., Albanesi, G.L., Ortega, G. & Buatois, L.A. 2003d. The Angosto del Moreno area, Eastern Cordillera, Jujuy Province. In: *Ordovician and Silurian of the Cordillera Oriental and Sierras Subandinas, NW Argentina. Field Trip Guide* (Eds. M.C. Moya, G. Ortega, J.A. Monteros, S. Malanca, G.L. Albanesi, L.A. Buatois & F.J. Zeballo, F.J.). *Instituto Superior de Correlación Geológica, Tucumán, Miscelánea* **11**, 29-35 y 70-79.
- Moya, M.C., Monteros, J.A., Malanca, S., Ortega, G. & Albanesi, G.L. 2003e. Quebrada del Toro and Angosto de La Quesera, Eastern Cordillera, Salta Province. In: *Ordovician and Silurian of the Cordillera Oriental and Sierras Subandinas, NW Argentina. Field Trip Guide* (Eds. M.C. Moya, G. Ortega, J.A. Monteros, S. Malanca, G.L. Albanesi, L.A. Buatois & F.J. Zeballo, F.J.). *Instituto Superior de Correlación Geológica, Tucumán, Miscelánea* **11**, 47-49 y 89-91.
- Mu, A.T. 1953. A preliminary study on the graptolites in the Taitzehe Valley, Liaotung. *Acta Palaeontologica Sinica*, **1**, 23-35 (en chino).
- Mu, A.T. 1955. The new materials of the dendroid graptolites of China. *Palaeontologia Sinica*, **138** (5 of the New Series B), 1-62 (en chino).
- Mu, E.-z., Ge, M.-y., Chen, X., Ni, Y.-n. & Lin, Y.-k. 1979. Lower Ordovician graptolites of Southwest China. *Palaeontologia Sinica*, **156** (13 of the New Series B), 1-156 (en chino).
- Mu, E.-z., Li, J.-j., Ge, M.-y., Lin, Y.-k. & Ni, Y.-n. 2002. *The fossil Graptolites of China*. Science press, Beijing, i-xiv, 1-1205 (en chino).
- Obut, A.M. 1964. Podtip Stomochordata. Stomokhor dovye. In: *Osnovy paleontologii: Echinodermata, Hemichordata, Pogonophora i Chaetognatha* (Ed. Y.A. Orlov). Nedra Press, Moskva, 279-337 (en ruso).
- Obut, A.M. & Sennikov, N.V. 1984. Graptolites and zonal subdivisions of the Lower Ordovician of the Gorny Altai. In: *Lower Ordovician Stratigraphy and Fauna of Mountain Altai* (Eds. E.I. Mjagkova & A.G. Yadrenkina). Nauka, Moscow, 53-106 (en ruso).
- Ogg, J.G. 2004. Status of divisions of the International Geologic Time Scale. *Lethaia*, **37**, 183-199.
- Ortega, G. 1987. *Las graptofaunas y los conodontes de la Formación Los Azules, Cerro Viejo, Zona de Huaco, Departamento de Jáchal, San Juan*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina (inédita).
- Ortega, G. & Albanesi, G.L. 2002. Bioestratigrafía de graptolitos y conodontes del tremadociano tardío de la Cordillera Oriental argentina. *Actas del XV Congreso Geológico Argentino*, El Calafate, **1**, 542-547.
- Ortega, G. & Rao, R.I. 1995. Nuevos hallazgos de graptolitos (Ordovícico Inferior) en la sierra de Cajas, Departamento Humahuaca, provincia de Jujuy, Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*, Córdoba, **60**, 293-316.
- Ortega, G. & Suárez-Soruco, R. 1994. Graptofaunas del Ordovícico inferior (Tremadociano-Arenigiano temprano) en el área de Culpina, Departamento de Chuquisaca, sur de Bolivia. *Revista Técnica de YPF*, **15**, 217-244.

- Ortega, G., Albanesi, G.L. & Rao, R.I. 1998. Lower Ordovician graptolites and conodonts from Cajas range and Parcha area, Eastern Cordillera, northern Argentina. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, **23**, 236-240.
- Pankhurst, R.J. & Rapela, C.W. (Eds.) 1998. *The Proto-Andean Margin of Gondwana*. Geological Society, London, Special Publications, **142**, 383 pp.
- Peralta, S.H. 1986. Graptofaunas del Llanvirniano inferior (Ordovícico) y Ludlowiano inferior (Silúrico) en la Formación Rinconada, Precordillera Oriental de San Juan. *Actas IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Mendoza, **1**, 59-66.
- Perejón, A., Fröhler, M., Bechstädt, T., Moreno-Eiris, E. & Boni, M. 2000. Archaeocyathan assemblages from the Gonessa Group, Lower Cambrian (Sardinia, Italy) and their sedimentologic context. *Bolletino della Società Paleontologica Italiana*, **39**, 257-291.
- Rábano, I. 1983. The Ordovician trilobite *Hungioides Kobayashi*, 1936 (Asaphina, Dikelocephalinidae) from Spain. *Geobios*, **16**, 431-441.
- Rao, R.I. 1999. Los conodontes Cambro-Ordovícicos de la Sierra de Cajas y del Espinazo del Diablo, Cordillera Oriental, República Argentina. *Revista Española de Micropaleontología*, **31**, 23-51.
- Ramos, V.A. 1999. Rasgos estructurales del territorio argentino. 1. Evolución tectónica de la Argentina. In: *Geología Argentina* (Ed. R. Caminos). *Anales del Instituto de Geología y Recursos Minerales*, Servicio Geológico Minero Argentino, **29**, 715-784.
- Ramos, V.A. 2000. The Southern Central Andes. In: *Tectonic Evolution of South America*. (Eds. U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho & D.A. Campos). *31st International Geological Congress*, Brazil, 561-604.
- Ramos, V.A. & Keppie, J.D., Eds. 1999. Laurentia-Gondwana Connections before Pangea. *Geological Society of America, Special Paper*, **336**, 1-276.
- Rapela, C.W., Coira, B., Toselli, A.J. & Saavedra, J. 1992. The Lower Paleozoic magmatism of southern Gondwana and the evolution of Famatinian orogen. *International Geology Review*, **34**, 1081-1142.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J. & Galindo, C. 1998. Early evolution of the Proto-Andean margin of South America. *Geology*, **26**, 707-710.
- Rickards, R.B. & Wright, A.J. 1997. Graptolites of the Barnby Hills Shale (Silurian, Ludlow), New South Wales, Australia. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, **51**, 209-227.
- Rickards, R.B., Baillie, P.W. & Jago, J.B. 1990. An Upper Cambrian (Idamean) dendroid assemblage from near Smithton, northwestern Tasmania. *Alcheringa*, **14**, 207-232.
- Rickards, R.B., Packham, G.H., Wright, A.J. & Williamson, P.L. 1995. Wenlock and Ludlow graptolite faunas and biostratigraphy of the Quarry Creek district, New South Wales. *Memoir of the Association of Australasian Palaeontologists*, **17**, 1-68.
- Rickards, R.B., Hamedí, M.A. & Wright, A.J. 2001. A new assemblage of graptolites, rhabdopleuran hemichordates and chitinous hydroids from the late Arenig (Ordovician) of the Banestan area, east-central Iran. *Alcheringa*, **25**, 169-190.
- Ross, R.J. & Berry, W.B.N. 1963. Ordovician graptolites of the Basin Ranges in California, Nevada, Utah, and Idaho. *United States Geological Survey Bulletin*, **1134**, i-v, 1-177.
- Rubiolo, D., Cisterna, C., Villeneuve, M. & Hickson, C. 2002. Edad U-Pb del granito de Las Angosturas en la Sierra de Narvárez (Sistema de Famatina, provincia de Catamarca). *Actas del XV Congreso Geológico Argentino*, El Calafate, **1**, 359-362.
- Ruedemann, R. 1904. Graptolites of New York. Part 1. Graptolites of the Lower Beds. *New York State Museum, Memoir* **7**, 455-803.
- Ruedemann, R. 1916. Paleontologic contributions from New York State Museum, 1. *New York State Museum, Bulletin* **189**, 7-98.
- Ruedemann, R. 1947. Graptolites of North America. *Geological Society of America, Memoir* **19**, 1-652.
- Salter, J.W. 1858. On *Graptopora*, a New Genus of Polyzoa, allied to the graptolites. *Proceedings of the American Association for Advancement of Science*, **11** (for 1857), 63-66.
- Salter, J.W. 1866. The geology of north Wales. *Geological Survey of Great Britain*, **3**, 239-381.
- Sennikov, N.V. 1994. Siberian graptolite associations from Cambrian-Ordovician boundary beds. In: *Graptolite Research Today* (Eds. X. Chen, B.-D. Erdtmann & Y.-n. Ni). Nanjing University Press, 159-163.
- Shergold, J.H. 2000. The Early Ordovician trilobite genus *Jujuyaspis* in Australia. In: *Cambrian from the southern edge* (Eds. G.F. Aceñolaza & S. Peralta). *Instituto Superior de Correlación Geológica, Tucumán, Miscelánea* **6**, 128-130.
- Sherwin, L. & Rickards, B. 2002. Late Silurian (Pridoli) graptolites from the Wallace Shale, New South Wales. *Alcheringa*, **26**, 87-101.
- Skevington, D. 1963. Graptolites from the Ontikan limestones (Ordovician) of Öland, Sweden. I: Dendroidea, Tuboidea, Camaroidea, and Stolonoidea. *Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala*, **42**, 1-62.
- Sobolevskaya, R.F. 1971. New Ordovician graptolites of the Omulev Mountains. *Paleontological Journal*, **5**, 76-81 (pág. 82-87 en la versión rusa original en *Paleontologicheskii Zhurnal*).
- Sobolevskaya, R.F. & Koren', T.N. 1997. Graptoliti Ordovika i Silura Novoi Zemli. In: *Atlas zonalnij kompleksov vedyshij grup ranepaleozoiskoi fauni severa Rocii. Graptoliti, trilobiti* (Ed. T.N. Koren'). VSEGEI, Sankt-Petersburg, 5-99, 134-175, 200-204 (en ruso).
- Sour, F. & Buitrón, B.E. 1987. Los graptolitos del Tremadociano de Ixtaltepec, Oaxaca. Consideraciones sobre el límite Cámbrico-Ordovícico en la región. *Revista de la Sociedad Mexicana de Paleontología*, **1**, 380-395.
- Spjeldnaes, N. 1986. Astogenetic development of some lower Ordovician graptolites from Norway. In: *Palaeoecology and Biostratigraphy of Graptolites* (Eds. C.P. Hughes &

- R.B. Rickards). *Geological Society Special Publication*, London, **20**, 97-102.
- Spincer, B.R. 1998. Oolitized fragments of filamentous calcimicrobes and the pseudofossil affinity of *Nuia* Maslov from the Upper Cambrian rocks of central Texas. *Journal of Paleontology*, **72**, 577-584.
- Steinmann, G. 1929. *Geologie von Perú*, mit Beiträgen von R. Stappenbeck, F. Sieberg & C. Lissón. Carls Winters Universitätsbuchhandlung, Heidelberg, 1-448.
- Stelzner, A. 1872. *Beiträge zur Geologie und Paläontologie der Argentinischen Republik. Geologische Teil*. Cas- sel, Berlin, 275 pp. (Traducción española en *Actas de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba*, **8**, 1-228, año 1923).
- Sureda, R.J. & Omarini, R.H. 1999. Evolución geológica y nomenclatura pre-Gondwánica en el noroeste de Argentina (1800-160 Ma). *Acta Geologica Hispanica*, **34**, 197-225.
- Thomas, W.A. & Astini, R.A. 1996. The Argentine Precordillera: A traveler from the Ouachita embayment of North American Laurentia. *Science*, **273**, 752-757.
- Thomas, W.A. & Astini, R.A. 2003. Ordovician accretion of the Argentine Precordillera terrane to Gondwana: A review. *Journal of South American Earth Sciences*, **16**, 67-79.
- Thomas, W.A., Astini, R.A. & Bayona, G. 2002. Ordovician collision of the Argentine Precordillera with Gondwana, independent of Laurentian Taconic orogeny. *Tectonophysics*, **345**, 131-152.
- Thomas, W.A., Astini, R.A., Mueller, P.A., Gehrels, G.E. & Wooden, J.L. 2004. Transfer of the Argentine Precordillera terrane from Laurentia: Constraints from detrital-zircon geochronology. *Geology*, **32**, 965-968.
- Toro, B.A. 1997. Asociaciones de graptolitos del Arenig de la localidad tipo de la Formación La Alumbra, Sistema de Famatina, Argentina. *Revista Española de Paleontología*, **12**, 43-51.
- Toro, B.A. & Brussa, E.D. 2003. Chapter 11. Graptolites. In: *Ordovician fossils of Argentina* (Ed. J.L. Benedetto). Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, 441-505.
- Tortello, M.F. 2003. Biostratigraphic significance of the latest Cambrian-earliest Ordovician agnostoid trilobites from Northwestern Argentina. *Geologica Acta*, **1**, 61-72.
- Tortello, M.F. & Esteban, S.B. 1995. Un trilobite agnóstico en el Ordovícico de la región de Bordo Atravesado (Cuesta de Miranda), Provincia de La Rioja, Argentina. *Actas del VI Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Trelew, 271-275.
- Tortello, M.F. & Esteban, S.B. 1997. Significado bioestratigráfico de una asociación de trilobites del tramo basal de la Formación Volcancito (Sistema de Famatina, La Rioja, Argentina). *Ameghiniana*, **34**, 265-270.
- Tortello, M.F. & Esteban, S.B. 1998. La transición Cámbrico-Ordovícica en la Formación Volcancito (Sistema de Famatina, La Rioja, Argentina). *Resúmenes del VII Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Bahía Blanca, 93.
- Tortello, M.F. & Esteban, S.B. 1999. La transición Cámbrico-Ordovícica en la Formación Volcancito (sierra de Famatina, La Rioja, Argentina). *Ameghiniana*, **36**, 371-387.
- Tortello, M.F. & Esteban, S.B. 2003a. Occurrence of the Early Ordovician trilobite *Jujuyaspis keideli* Kobayashi in the Despensa Formation, Aguilar Range, Northwestern Argentina. In: *Ordovician from the Andes* (Eds. G.L. Albanesi, M.S. Beresi & S.H. Peralta). *Correlación Geológica, Tucumán*, **17**, 333-335.
- Tortello, M.F. & Esteban, S.B. 2003b. Lower Ordovician stratigraphy and trilobite faunas from the southern Famatina Range, La Rioja, Argentina. *Special Papers in Palaeontology*, **70**, 213-239.
- Tortello, M.F., Esteban, S.B. & Lech, R.R. 1996. Paleontología del Sistema de Famatina. *Münchner Geologische Hefte, Allgemeine Geologie*, **A19**, 125-136.
- Tortello, M.F., Esteban, S.B. & Aceñolaza, G.F. 2002. Trilobites from the base of the Ordovician System in Argentina. In: *Aspects of the Ordovician System in Argentina* (Ed. F.G. Aceñolaza). *Correlación Geológica, Tucumán*, **16**, 131-142.
- Toselli, G. 1975. *Contribución al conocimiento geológico de la región de Volcancito, Sierra de Famatina, provincia de La Rioja*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, 1-170 (inédita).
- Toselli, G. 1977. El Paleozoico Inferior y Medio de la región de Volcancito, Sierra de Famatina, provincia de La Rioja. *Acta Geológica Lilloana*, **14**, 83-104.
- Turner, J.C.M. 1960. Faunas graptolíticas de América del Sur. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, **14**, 5-180.
- Turner, J.C.M. 1964. Descripción geológica de la Hoja 15c Vinchina (Provincia de La Rioja). *Boletín Dirección Nacional de Geología y Minería, Buenos Aires*, **100**, 1-81.
- Vaccari, N.E. 1995. Early Ordovician trilobite biogeography of Precordillera and Famatina, western Argentina: preliminary results. In: *Ordovician Odyssey* (Eds. J.D. Cooper, M.L. Droser & S.C. Finney). Pacific Section Society for Sedimentary Geology, Fullerton, book **77**, 193-196.
- Wang, H.-f., Cooper, R.A. & Erdtmann, B.-D. 1998. Res-tudy on the earliest Ordovician graptolites from the Day-angcha section in Jilin. *Acta Palaeontologica Sinica*, **37**, 212-234.
- Wang, X.-f. 2000. The Tremadoc (Ordovician) graptolite diversification events. *Palaeontology Down Under 2000, Geological Society of Australia, Abstracts*, **61**, 124-125.
- Wang, X.-f. & Erdtmann, B.-D. 1987. Zonation and correlation of the earliest Ordovician graptolites from Hunjiang, Jilin province, China. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, **35**, 245-257.
- Wang, X.-f. & Wang, C.-s. 2001. Tremadocian (Ordovician) graptolite diversification events in China. *Alcheringa*, **25**, 155-168.
- Wang, X.-f., Jin, Y.-j., Wu, Z.-t., Fu, H.-y., Li, Z.-c. & Ma, K.-k. 1977. Graptolithina. In: *Handbook of Palaeontology of Central-South China, Pt. 1, Early Paleozoic Era* (Ed. Hubei Institute of Geological Science). Geological Press, Beijing, 266-371 (en chino).

- Webby, B.D., 1998. Steps toward a global standard for Ordovician stratigraphy. *Newsletters on Stratigraphy*, **36**, 1-33.
- Webby, B.D., Cooper, R.A., Bergström, S.M. & Paris, F. 2004. Stratigraphic framework and time slices. In: *The Great Ordovician Biodiversification Event* (Eds. B.D. Webby, F. Paris, M. Droser & I.G. Percival), Columbia University Press, New York, 41-47.
- Wilde, P., Quinby-Hunt, M.S., Berry, W.B.N. & Orth, C.J. 1989. Palaeo-oceanography and biogeography in the Tremadoc (Ordovician) Iapetus Ocean and the origin of the chemostratigraphy of *Dictyonema flabelliforme* black shales. *Geological Magazine*, **126**, 19-27.
- Williams, S.H. & Stevens, R.K. 1991. Late Tremadoc graptolites from western Newfoundland. *Palaeontology*, **34**, 1-47.
- Xiao, C.-x. & Zhong, G.-p. 1988. Some dendroid graptolites of Shihtzupu Formation from Shiqian, Guizhou. *Acta Palaeontologica Sinica*, **27**, 213-217 (en chino).
- Yin, G.-z., Gong, L.-z., Cai, Y. & Jiao, H.-l. 1984. On the Cambrian-Ordovician boundary in Guizhou of China. In: *Scientific Papers on Geology for International Exchange—prepared for the 27th International Geological Congress*. Geological publishing House, Beijing, 25-34.
- Yu, J.-h., Liu, H.-b. & Fang, Y.-t. 1985. Dendroids from the Xinchangian Stage (Early Ordovician) of the Xiushui Drainage Basin, Jiangxi Province. *Acta Palaeontologica Sinica*, **24**, 18-28 (en chino).
- Zhang, Y. & Erdtmann, B.-D. 2004a. Tremadocian (Ordovician) biostratigraphy and graptolites at Dayangcha (Baishan, Jilin, NE China). *Paläontologische Zeitschrift*, **78**, 323-354.
- Zhang, Y. & Erdtmann, B.-D. 2004b. Astogenetic aspects of the dendroid graptolite *Airograptus* (Late Cambrian-Early Ordovician) and their phylogenetic implications. *Lethaia*, **37**, 457-465.
- Zhang, Y., Erdtmann, B.-D. & Feng, H. 2003. Tremadocian graptolite biostratigraphy of China and its international correlation. In: *Proceedings of the 7th International Graptolite Conference* (Eds. G. Ortega & G.F. Aceñolaza). *Correlación Geológica, Tucumán*, **18**, 105-113.
- Zhang, Y., Erdtmann, B.-D. & Feng, H. 2004. Tremadocian (Early Ordovician) graptolite biostratigraphy of China. *Newsletters on Stratigraphy*, **40**, 155-182.
- Zhou, Z.-y., Dean, W.T. & Luo, H.-l. 1998. Early Ordovician trilobites from Dali, west Yunnan, China, and their palaeogeographical significance. *Palaeontology*, **41**, 429-460.
- Zhou, Z.-y., Wang, Z.-h., Zhang, J.-m., Lin, Y.-k. & Zhang, J.-l. 1984. Cambrian-Ordovician boundary sections and the proposed candidates for stratotype in North and Northeast China. In: *Stratigraphy and Palaeontology of Systemic Boundaries in China. Vol. 2, Cambrian-Ordovician Boundary*. Anhui Science and Technology Publishing House, 1-57.
- Zimmermann, U. & Esteban, S.B. 2002. Provenance and facies of the Volcancito Formation, Famatina Range (Northwestern Argentina). *Actas XV Congreso Geológico Argentino, El Calafate*, **1**, 786-791.
- Zimmermann, U., Bahlburg, H. & Esteban, S.B. 2003. Depositional history of the Ordovician Famatina Basin (western Gondwana; NW Argentina). In: *Ordovician from the Andes* (Eds. G.L. Albanesi, M.S. Beresi & S.H. Peralta). *Correlación Geológica, Tucumán*, **17**, 487-493.

Manuscrito recibido: 6 de Julio, 2004

Manuscrito aceptado: 28 de Febrero, 2005